

Técnica Industrial 331

Ingeniería de competición

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA

Aplicada al diseño de componentes plásticos inyectados reforzados con fibra corta

ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS MOMENTOS ARTICULARES

En la marcha humana en adultos y adultos mayores usando el análisis de componentes principales (PCA)

SUPERFICIES DE BAJA MOJABILIDAD POR MICROMECHANIZADO

En aleaciones de aluminio y magnesio (Al-Mg)

ANÁLISIS DEL CURADO DUAL EN RESINAS EPOXI

Mediante un molde instrumentado

DESARROLLO DE UN MÉTODO MULTIBLOQUE

Para la generación automatizada de mallas tridimensionales de engranajes

REPORTAJE

Dos ingenieros españoles conquistan la NASA con su proyecto de heliostato lunar móvil

BARÓMETRO INDUSTRIAL

La situación de la industria en España

ENTREVISTA

Javier Nadal, Presidente de la Asociación Española de Fundaciones (AEF)

¡COLÉGIATE!

Numerosas ventajas,
¡conócelas!



¡INFÓRMATE!

->En tu Colegio Profesional

->En <https://cogiti.es/colegiacion>

Ventajas de la Colegiación

- 1.- Acceso a la **Bolsa de empleo de ProEmpleo Ingenieros.**
- 2.- **Plataforma de Formación del COGITI.**
- 3.- **Acreditación Desarrollo Profesional Continuo.**
- 4.- **COGITI ToolBox:** Portal de gestión de licencias software.
- 5.- **Portal de Licitaciones Europeas del COGITI** (<https://cogiti.es/licitaciones>).
- 6.- **Portal La Ley Digital** (Contenidos de interés para la profesión y su ejercicio).
- 7.- **Normativa Técnica de AENOR.**
- 8.- **Visado de Proyectos, Visado electrónico, Libro de Incidencias Electrónico (LIE) y Libro de Órdenes Electrónico (LOE).**
- 9.- **Ventanilla única** (<https://cogiti.es/ventanilla-unica>).
- 10.- **Portal de tramitación industrial telemática Asesoría Jurídica, Técnica, Fiscal y Laboral.**
- 11.- **MUPITI**, (Mutualidad de Previsión Social de Peritos e Ingenieros) **Alternativa al RETA. Seguros de salud y de Responsabilidad Civil y Profesional.**
- 12.- **Prestaciones sociales** a través de la Mutualidad.
- 13.- Servicio de **préstamo de equipos técnicos de medida.**
- 14.- **Seguros de accidente y de invalidez.**
- 15.- **Convenios de colaboración** con organizaciones y Convenios con Universidades: fomento de formación y empleo.
- 16.- **Ejercicio Libre, ayudas, asesoramiento y defensa profesional.**
- 17.- **Club COGITI** con descuentos en tecnología, ocio, alimentación, etc.
- 18.- **Cuotas colegiales** reducidas en condiciones particulares y gratuitas para precolegiados.
- 19.- **Ventajas fiscales.**
- 20.- **Acreditación EURO INGENIERO**, para reconocimiento en la UE.



COGITI
Consejo General de Colegios Oficiales
de Graduados e Ingenieros Técnicos
Industriales de España



EN PORTADA Ingeniería de competición

12 Los universitarios muestran su talento en el mundo del motorsport y la automoción

El último número de Técnica Industrial se hacía eco de una noticia sobre la iniciativa MadridMotorStudent, en la que participan los estudiantes de Ingeniería que forman parte de los denominados "equipos de motor" de las universidades madrileñas. Estos equipos participan en las competiciones de Formula Student y MotoStudent, en las que se miden con alumnos de las universidades más prestigiosas de todo el mundo. En este número, la publicación ha querido ir más allá, con el propósito de mostrar el trabajo que realizan los equipos de competición en el ámbito de las universidades de toda la geografía española.

Mónica Ramírez

Foto de portada: Shutterstock.

ACTUALIDAD

04 Dos ingenieros españoles conquistan la NASA con su proyecto de heliostato lunar móvil El proyecto de Vulcano Engineering ha ganado el primer premio del concurso convocado por la NASA, incluido en el programa Artemis, desarrollado por Estados Unidos, que tiene como fin último dar el próximo salto gigante para la humanidad, la exploración del planeta Marte.

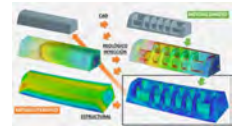
Mónica Ramírez

08 V Barómetro Industrial 2021: La situación de la industria en España Fiel a su cita, el pasado mes de enero se presentaba a la sociedad el informe nacional del V Barómetro Industrial del COGITI - Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2021, que este año ha cumplido su quinta edición.

M. R.

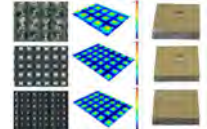
ARTÍCULOS

106 ORIGINAL Optimización topológica aplicada al diseño de componentes plásticos inyectados reforzados con fibra corta
Topological optimization applied to the design of short fiber reinforced injected plastic components



Juan Antonio Almazán Lázaro, Ángel López Liñán, José Ángel Moya Muriana, Carmelo Latorre Castilla

120 ORIGINAL Superficies de baja mojabilidad por micromecanizado en aleaciones de aluminio y magnesio (Al-Mg)
Low wettability surfaces by micromachining in aluminum and magnesium alloys



Guillermo Guerrero-Vaca, Óscar Rodríguez-Alabanda, Pablo Romero-Carrillo, Esther Molero, Sergio Miranda

126 ORIGINAL Análisis dinámico de los momentos articulares en la marcha humana en adultos y adultos mayores usando el análisis de componentes principales (PCA)

Dynamic analysis of joint moments in human gait in adults and the elderly using principal component analysis (PCA)



Javier Bermejo García, Daniel Rodríguez Jorge, Ashwin Jayakumar¹, Francisco Romero Sánchez, Francisco Javier Alonso Sánchez

134 ORIGINAL Análisis del curado dual en resinas epoxi mediante un molde instrumentado
Analysis of dual curing in epoxy resins using an instrumented mold



Albert Fabregat-Sanjuan, Xavier Fernández-Francos, Francesc Ferrando-Piera

148 ORIGINAL Desarrollo de un método multibloque para la generación automatizada de mallas tridimensionales de engranajes

Development of a multiblock method for the automated generation of three-dimensional meshes of gears



Víctor Roda-Casanova, Francisco Sánchez-Marín, Javier Andrés de la Esperanza

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

164 ENTREVISTA Javier Nadal Presidente de la Asociación Española de Fundaciones (AEF): "Donde hay una necesidad, hay una Fundación".

Mónica Ramírez



168 Publicaciones

PROFESIÓN

03 Editorial Hat-trick en propia puerta

José Antonio Galdón Ruiz

156 V Barómetro Industrial: complicada recuperación si los fondos europeos no se emplean de manera eficiente



158 Presentada la norma UNE 192014-1:2021



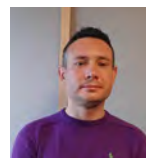
158 Alfonso Guerra recibe la Insignia de Oro y Brillantes del COGITI por su contribución a la profesión



159 Jornada Industria y Energía: “El papel de los profesionales en la transición energética”

159 La Ingeniería Técnica participará en el Foro de Alto Nivel de la Industria española

160 Vasyl Vivcharuk, Ingeniero Técnico Industrial ucraniano afincado en Madrid, nos cuenta su testimonio



161 IN MEMORIAM En memoria de José Luis Jorrín Casas: “Diecinueve días y quinientas noches”

Angélica Gómez González

162 ENTREVISTA Eva Vega Carrasco Directora del Departamento de Programas Espaciales del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y galardonada con la Medalla al Mérito Aeronáutico: “Todo el sector espacial espera con ilusión la futura Agencia Española del Espacio”.

M. R.



167 Engineida, la plataforma participativa de la UAITE



Técnica Industrial Fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de la Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti).

Fundación Técnica Industrial

Comisión Permanente

Presidente José Antonio Galdón Ruiz

Vicepresidenta Ana M^a Jáuregui Ramírez

Secretario Jesús E. García Gutiérrez

Tesorero Fernando Blaya Haro

Interventor José Luis Hernández Merchán

Vocales Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González

Gerente Santiago Crivillé Andreu

Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de España (UAITE), Cogiti y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus decanos:

A Coruña Macario Yebra Lemos

Álava Alberto Martínez Martínez

Albacete Emilio Antonio López Moreno

Alicante Antonio Martínez-Canales Murcia

Almería Francisco Lores Llamas

Aragón Enrique Zaro Giménez

Ávila Samuel Gavilán López

Badajoz Vicenta Gómez Garrido

Illes Balears Juan Ribas Cantero

Barcelona Miquel Darnés i Cirera

Bizkaia Alberto García Lizaranzu

Burgos Antonio Ruiz Saiz

Cáceres Fernando Doncel Blázquez

Cádiz Domingo Villero Carro

Cantabria Luis Miguel Muñoz González

Castellón José Luis Ginés Porcar

Ciudad Real José Carlos Pardo García

Córdoba Francisco López Castillo

Gipuzkoa Santiago Beasain Biurrarena

Girona Jordi Fabrellas Payret

Granada Fernando Terrón Bote

Guadalajara Juan José Cruz García

Huelva Manuel León Gómez

Jaén Rafael Fernández Mesa

La Rioja Jesús Vellilla García

Las Palmas José Antonio Marrero Nieto

León Miguel Ferrero Fernández

Lleida Ramón Grau Lanau

Lugo Jorge Rivera Gómez

Madrid José Antonio Galdón Ruiz

Málaga José B. Zayas López

Manresa Àngel Vilarsau Soler

Región de Murcia César Nicolas Martínez

Navarra Luis Maestu Martínez

Ourense Santiago Gómez-Randulfe Álvarez

Palencia Jesús de la Fuente Valtierra

Principado de Asturias Enrique Pérez Rodríguez

Salamanca José Luis Martín Sánchez

S. C. Tenerife Antonio M. Rodríguez Hernández

Segovia Gabriel Valledo Álvarez

Sevilla Ana M^a Jáuregui Ramírez

Soria Levy Garjo Tarancón

Tarragona Antón Escarré Paris

Toledo Ángel Carrero Romero

Valencia Angélica Gómez González

Valladolid Rafael Álvarez Palla

Vigo Jorge Cerqueiro Pequeño

Vilanova i la Geltrú Xavier Jiménez García

Zamora Jose Luis Hernández Merchán

Hat-trick en propia puerta

Energía, Industria y Tecnología, todo lo que Europa ha dejado escapar, y que ahora costará muchísimo recuperar.

Ya en la primera crisis del petróleo en 1973, los países industrializados cedieron el control a los países productores de petróleo, que desde esa fecha comenzaron su empoderamiento, y manejan la economía global a su antojo y discreción. Y lo siguen haciendo, porque no solo no hemos hecho nada por evitarlo, sino porque, además, volvimos a caer en la trampa del gas a finales del siglo XX. Nos regalaron la “máquina de café”, y las cápsulas ya nos las venderán al precio económico, político y social que les interese en cada momento, una táctica comercial muy utilizada.

De esta forma, los países europeos, en función de los intereses de algunos y la aparición de los países emergentes, que consumían, y lo siguen haciendo, de forma voraz la energía, y producen con métodos inhumanos, a precios ridículos, deslocalizamos nuestra industria y cedimos poco a poco nuestra tecnología, hasta el punto de perder el liderazgo que nos hizo grandes en su día.

Estamos totalmente desorientados, nos hemos metido tres goles en propia puerta, pero aún queda tiempo y esperanza para la remontada, y para ello hace falta mucha más profesionalidad, acuerdo y liderazgo, algo que de forma general no ha brillado en Europa, pero especialmente en nuestro país, donde no somos capaces de planificar o de mirar más allá del periodo de una legislatura.

Y dicho todo lo anterior, y aunque pueda resultar muy duro, el problema energético requiere una solución urgente, pero de consenso y a largo plazo, aunque ello signifique remover los cimientos de la política española.

Tenemos un camino marcado a nivel europeo, enfocado no solo a mitigar el cambio climático, sino a disminuir nuestra dependencia energética del exterior, algo que debe afrontarse con muchísima más intensidad en España, donde dependemos aproximadamente un 73% frente al 53% de media en la UE. Pero además, España junto a Portugal, somos lo más parecido a una isla energética, por lo que tampoco podemos de momento fiar nuestras opciones futuras a Europa, sin tener previamente conseguidos unos objetivos propios para España.

Y no aprendemos, y todavía hay quien pone en duda los beneficios de la transición energética por cuestiones siempre ideológicas y nada reflexivas, porque si se parasen a pensar lo más mínimo, verían que en España no hay otra vía que nos permita reducir nuestra dependencia energética que no pase por las energías renovables y limpias; por lo que aunque haya quien pueda ser incrédulo con el cambio climático, lo que es incuestionable, es que en un país como el nuestro, donde no disponemos de recursos energéticos diferentes a los que nos proporciona la propia naturaleza, no hay otra vía. Pero, es más, lo que tampoco se puede poner en duda, es la contaminación del aire con CO₂ y otras sustancias de la combustión, que ponen en peligro nuestra salud y disminuyen nuestra calidad de vida sobre todo en las grandes ciudades, por lo que al margen



de suspicacias y de intrigas sobre conspiraciones y otras historias, la realidad de los hechos es aplastante.

Pero si son significativos los efectos medioambientales que nos proporcionan las energías renovables, son casi mayores en términos económicos para la maltrecha situación económica de nuestro país. Solo con el hecho de evitar las importaciones de energía, de no tener que financiarnos para comprar, y de por tanto mejorar nuestra balanza de pagos con el exterior y la prima de riesgo, conseguimos unos ingentes beneficios a nivel macroeconómico, que van directos a las arcas del Estado, y que, sin embargo, no se repercuten en las facturas energéticas.

Y a estos enormes beneficios, habría que sumar la generación inducida de empleo y de tejido industrial para generar los productos e instalaciones que son necesarias para llevar a cabo la transición energética, que nos consolidarían en la vanguardia tecnológica de las energías renovables; pero si me permiten, lo más importante de todo esto, sería la estabilidad y la baja exposición a los mercados energéticos, lo que nos proporcionaría a su vez una enorme ventaja competitiva.

Por tanto, la autosuficiencia energética debe ser el eje en el que pivotar para recuperar la industria y la tecnología, y no solo empatar el partido, sino marcar el gol de la sostenibilidad, asegurando y cuidando el futuro de las próximas generaciones.

José Antonio Galdón Ruiz.

Presidente de COGITI y de la Fundación Técnica Industrial. Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia, Ingeniero Técnico Industrial y experto en energía.

Dos ingenieros españoles conquistan la NASA con su proyecto de heliostato lunar móvil

El proyecto de Vulkano Engineering ha ganado el primer premio del concurso convocado por la NASA, incluido en el programa Artemis, desarrollado por Estados Unidos, que tiene como fin último dar el próximo salto gigante para la humanidad, la exploración del planeta Marte



Ayim de la Fuente y Miguel Cordero (de izda. a dcha.), fundadores de la empresa Vulkano Engineering, ganadora del concurso convocado por la NASA.

Mónica Ramírez

Dos jóvenes ingenieros graduados en Ingeniería Mecánica, colegiados de Segovia y Cáceres, Ayim de la Fuente y Miguel Cordero, ambos de 28 años, son los ganadores de este concurso, gracias a su proyecto de heliostato lunar móvil, al que los jueces de la NASA calificaron como “un trabajo magnífico”, y que les ha llevado a obtener el primer puesto entre los más de 195 ingenieros, empresas y universidades de todo el mundo que han participado.

La gran proyección que podía suponer participar en este concurso internacional y sus conocimientos en las materias que se les requería fue lo que les animó a presentarse. Como ellos mismos explican, “vimos la oportunidad de demostrar nuestro talento y capacidades en un concurso de reconocimiento internacional. Para este reto de diseño de

un heliostato lunar móvil, se requiere un conjunto de habilidades y conocimientos que se alinean mucho con algunas de nuestras especialidades. Por un lado, diseño de producto con alto valor añadido y una fuerte componente tecnológica, y por otro, una fusión de dos sectores en los que nos sentimos muy cómodos: el aeroespacial y la energía solar”.

Miguel y Ayim fueron compañeros en la Universidad, y posteriormente coincidieron también en la misma empresa, Soltec, compañía top-3 mundial en suministro de seguidores solares, donde adquirieron gran parte de los conocimientos y capacidades que les hicieron decidirse a fundar su propia empresa, Vulkano Engineering. “Nos dimos cuenta de que nuestras habilidades se complementan a la perfección, hacemos un buen equipo. Emprender para nosotros es poner a prueba nuestro talento y capacidades

para llevar a cabo innovaciones, no solo en el sector fotovoltaico, sino en cualquier sector industrial donde se apueste por la tecnología”, señalan.

El proyecto ganador: un heliostato lunar móvil

El proyecto que diseñaron y que les ha otorgado la victoria es un heliostato lunar móvil. Se trata de una estructura que soporta una superficie reflectante, denominada usualmente como “faceta”. La estructura tiene unas características técnicas muy concretas, que hacen que su diseño y fabricación supongan un verdadero reto a nivel técnico. “El factor que caracteriza, en general, la calidad óptica de un heliostato es la exactitud con la que es capaz de apuntar a un objetivo y la distribución energética sobre el mismo. Esta exactitud viene dada por características como la rigidez de la estructura,



Proyecto ganador del concurso de la NASA, el heliostato lunar móvil de Vulkano Engineering.

los errores de accionamiento y el control o la existencia de holguras, siendo estas consideraciones las que se requieren para un buen diseño”, explican.

Diseñar y fabricar un heliostato en la Tierra es, por sí misma, una tarea difícil y al alcance de muy pocas empresas. “Si a esto añadimos que el heliostato lunar debe ser 10 veces más ligero, acoplarse mediante un brazo robótico a un vehículo lunar, resistir la abrasión del polvo lunar y poseer una superficie reflectante de 10 metros cuadrados, pero no poder ocupar más de dos metros cúbicos mientras viaja por el espacio, estamos ante un auténtico desafío de la ingeniería. Este fue el reto que la NASA lanzó a miles de empresas, universidades e ingenieros a de todo el mundo”, indican.

El concurso estuvo abierto dos meses y, a principios de septiembre de 2021, la NASA publicó el nombre de los 20 finalistas. El proyecto de Vulkano era el único español que llegó a la final. Sin embargo, cabe preguntarse por qué la agencia espacial de Estados Unidos ha optado por un concurso internacional y no se lo ha encargado a sus propios ingenieros.

Para Ayim, la respuesta puede estar en el hecho de que “muchas veces, los profesionales de una misma empresa acaban trabajando con el mismo esquema mental. Por eso, se buscan ideas de personas ajenas a los proyectos, y la NASA suele lanzar uno o dos *challenge* o retos al año”. Lo cierto es que ahora esta agencia espacial es quien adquiere la idea de Vulkano Engineering, y deberá diseñar y fabricar el heliostato tomándola como base.

En teoría, el aparato que fabricará la NASA será clave en las operaciones que desarrollará la futura base o campamento lunar del programa Artemis. La finalidad de este programa es que la humanidad pueda asentarse y explorar la Luna y, sobre todo, prepararse para el siguiente gran salto, la exploración de Marte.

Principales usos potenciales

En el Polo Sur lunar, la NASA desarrollará el campamento Base Artemis para apoyar expediciones más largas en la superficie de la Luna. Por ello, los elementos que se planifican son el vehículo de terreno lunar (rover sin presión), una plataforma de movilidad habitable (rover presurizado), un módulo de habitación de la base lunar, y sistemas de energía y de utilización de recursos *in situ*, como el heliostato acoplado al vehículo lunar para el que la NASA buscó ideas a través de este concurso internacional.

“Nuestro heliostato está destinado a participar en las misiones llevadas a cabo, en primera instancia, en suelo lunar, dentro del programa espacial Artemis de la NASA, cuyo objetivo es establecer presencia humana en Marte, en 2033”, señalan. Para este objetivo, se debe conseguir previamente una presencia a largo plazo en la Luna, que serviría como “antesala” al “planeta rojo”.

Dentro de las operaciones que llevará a cabo, se encuentran algunas como la gestión térmica de la infraestructura lunar (reducción de gradientes térmicos en elementos estructurales o calentamiento de componentes críticos); la iluminación

de áreas sombreadas (proporcionar iluminación para astronautas o robots que trabajen en lugares a los que no llegue el Sol); servir de baliza para naves que se dispongan a alunizar y la alimentación de sistemas fotovoltaicos ubicados en zonas sombreadas.

El reconociendo que han recibido estos jóvenes ingenieros por parte de los jueces de la NASA, que calificaron su proyecto como un “magnífico trabajo”, les ha dado una especial proyección: “Desde el momento en que ganamos, muchas personas con perfiles técnicos se pusieron en contacto con nosotros; unas por simple curiosidad por el proyecto, solicitando más información, pero otras interesadas por Vulkano como empresa de servicios de ingeniería, y algunos han llegado a convertirse en clientes”.

También recuerdan el momento en que les comunicaron que habían sido los merecedores del primer premio del concurso. Más que la dotación del premio en sí, de 3.000 dólares, “siempre impresiona ver cómo un organismo tan reconocido, tecnológicamente hablando, a nivel mundial como es la NASA, busca alternativas e ideas a sus proyectos fuera de su organización. También impresiona ver el extraordinario nivel de algunos de los trabajos que se presentaron como candidatos al concurso y contra los que tu proyecto debe competir”, expresan. A lo que añaden: “Para nosotros es muy motivador que un jurado compuesto por ingenieros con años de experiencia en puestos de máxima responsabilidad de instituciones como la NASA, califique nuestro trabajo de magnífico”.

Claves del éxito del proyecto

Las claves del éxito del proyecto presentado por estos dos jóvenes ingenieros son, en definitiva, la gran calidad y el nivel de detalle de su diseño, su bajo peso, el innovador sistema de repliegue y despliegue desarrollado, que reduce la superficie en la operación para convertirse en un vehículo compacto y seguro para transporte, la autoalimentación con paneles fotovoltaicos y la capacidad para soportar condiciones ambientales extremas y polvo lunar.

“Entre los finalistas había diseños muy compactos y ligeros, pero sacrificando calidad óptica y precisión de apuntamiento por su falta de rigidez, lo que penaliza la operación del heliostato. También había diseños con buena calidad, pero sus configuraciones de guardado eran dema-



siado aparatosas u ocupaban demasiado espacio. Nuestra solución combinaba lo mejor de ambas, un heliostato preciso, ligero y compacto. Además, con la capacidad de autoabastecerse mediante células fotovoltaicas y de desprenderse de manera autónoma del polvo lunar depositado en su superficie. Todo esto respaldado por un cuidado y detallado diseño, un riguroso análisis óptico y una potente presentación a nivel visual”, explican.

Proyección de futuro

Tras el éxito obtenido con su heliostato lunar móvil, Miguel y Ayim se centran ahora en el trabajo que desarrollan en la empresa que ambos constituyeron en marzo de 2021. Vulkano Engineering es una empresa de ingeniería dedicada principalmente a la realización de proyectos de diseño, simulación y cálculo mecánico de equipos, estructuras, utillajes, y componentes en los sectores industrial, energía y aeroespacial. También realizan proyectos de autoconsumo fotovoltaico tanto para el sector residencial como para empresas, comunidades de vecinos e instituciones públicas.

Lo cierto es que ambos comenzaron trabajando en la empresa por separado, es decir, cada uno desde su domicilio particular, pero recientemente se han trasladado a Madrid para abrir su propia oficina. Su objetivo para este 2022 es consolidar a los clientes actuales y ampliar el equipo, buscando nuevas oportunidades de crecimiento.

“Vulkano se define como una consultoría de servicios de ingeniería de alto valor añadido en distintos sectores industriales, el sector ferroviario, solar y aeroespacial; tratando siempre de participar en proyectos con una elevada com-

ponente tecnológica y de innovación. Participamos activamente con nuestros clientes en el desarrollo de productos y proyectos en todas sus fases, desde su concepto, pasando por su diseño y cálculo mecánico a través de elementos finitos, hasta la industrialización, documentación asociada y el seguimiento de las pre-series”, señalan.

Sin embargo, comenzar desde cero en el mundo empresarial no es tarea fácil, y más aun teniendo en cuenta la juventud de Miguel y Ayim. Como ellos mismos expresan: “Es difícil transmitir credibilidad y confianza en la búsqueda de nuevos clientes cuando tu empresa y su equipo son tan jóvenes como en nuestro caso. Una de las vías para hacerlo es conseguir el reconocimiento en la excelencia de tu trabajo de un tercero que sí goce de dicha credibilidad. Apostar por este tipo de retos es arriesgado, dado que implica destinar parte de tus recursos sin tener certeza de si vas a obtener un retorno”.

El hecho de trasladarse a Madrid ha sido, sin duda, un punto de inflexión para el crecimiento de Vulkano Engineering. “En Madrid está gran parte nuestros actuales clientes y la comunicación para nosotros es muy importante. La realidad es que Madrid aglutina gran parte de la ingeniería española por empresas, eventos y oportunidades. Además, es la ciudad que nos vio crecer profesionalmente y le tenemos mucho cariño”, manifiestan.

Además de afianzar la relación con sus clientes, al cumplir la empresa su primer año, afirman que su objetivo es seguir haciendo crecer el equipo y destinar parte de sus recursos a la investigación y desarrollo en sectores estratégicos, con un gran peso en el futuro de la sociedad, como la descarbonización del sector

energético, la industria 4.0 o la exploración espacial. “Es esta inversión la nos permitirá situarnos como una referencia en proyectos tecnológicos para el futuro”, afirman.

Pasión por la Ingeniería

Para poner en marcha una empresa de estas características es fundamental sentir entusiasmo por la Ingeniería. “Ambos coincidimos en que nuestra pasión por la tecnología viene desde niños. Estudiar Ingeniería nos dio la oportunidad de convertir aquellas ideas que de pequeños construíamos con piezas de juguete, en productos, equipos y estructuras reales que cubren las necesidades y suponen un avance tecnológico para la sociedad”, señalan. Y animan a los jóvenes estudiante a cursar estudios técnicos también: “Estudiar una ingeniería es una carrera de fondo que te forma, no solo a nivel técnico, sino en otras habilidades imprescindibles para un profesional, trabajo y sacrificio. Pero tiene su recompensa, y es participar de forma activa en los avances que permiten un desarrollo de la sociedad hacia un futuro más cómodo y sencillo para la humanidad, y al mismo tiempo también más sostenible”.

Asimismo, recuerdan que una vez finalizados sus estudios, no están solo en el desarrollo de sus carreras profesionales, ya que cuentan también con el apoyo de su colegio profesional. En este sentido, señalan que personalmente están “profundamente agradecidos” a sus Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales (Segovia y Cáceres), y especialmente a sus respectivos decanos, Gabriel Vallejo y Fernando Doncel, “que al conocer la noticia sobre nuestro premio de la NASA, no dudaron en ponerse con contacto con nosotros para brindarnos todo su reconocimiento y apoyo, dándonos visibilidad y poniendo en valor el talento más joven de la ingeniería y la innovación en España”.

En su opinión, “es importante para los ingenieros disponer de colegios profesionales que defiendan sus intereses y competencias, que sirvan como nexo de unión entre profesionales con diferentes habilidades, y pongan a disposición de sus colegiados información de utilidad como cursos, formaciones, ofertas de trabajo o publicaciones de actualidad”. Sin lugar a dudas, estos dos jóvenes ingenieros tienen un gran camino por delante.

Plan Ingeniería el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



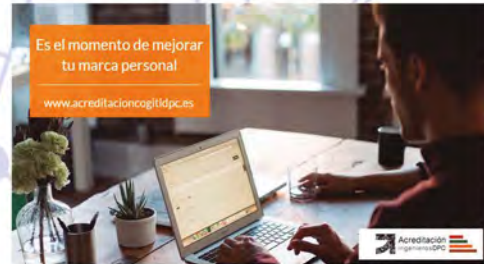
FORMACIÓN online de COGITI



INFORMACIÓN ACTUALIZADA



PORTAL DE LICITACIONES EUROPEAS



ACREDITACIÓN DPC Ingenieros



SOFTWARE TÉCNICO



WEBINAR Y TV EDUCATIVA



NORMAS UNE PARA FABRICACIÓN EPIS (descarga gratuita)



ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS



REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL en abierto



YOUNG ENGINEERS



CUESTIONARIO



CLUB COGITI

V Barómetro Industrial 2021: La situación de la industria en España

Fiel a su cita, el pasado mes de enero se presentaba a la sociedad el informe nacional del V Barómetro Industrial del COGITI - Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2021, que este año ha cumplido su quinta edición

Mónica Ramírez

El 28 de enero, el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) llevó a cabo la presentación de la quinta edición del Barómetro Industrial, en colaboración con el Consejo General de Economistas de España (CGE), cuyo Servicio de Estudios (Catedra EC-CGE) ha elaborado el informe *Una perspectiva económica de la situación de la industria en España (2021)*, incluida como es habitual en el informe nacional del Barómetro, que cuenta también con la colaboración de la Fundación Caja de Ingenieros.

El COGITI decidió llevar a cabo esta iniciativa en 2017, que tiene como objetivo conocer la percepción del colectivo sobre el sector industrial. Con el informe de este Barómetro, se pretende ofrecer datos relevantes y que sean de interés en la toma de decisiones, tanto para los representantes del ámbito público como para el sector privado. La finalidad es realizar un estudio sociológico completamente independiente, elaborado por la citada institución, en colaboración con los 49 colegios profesionales distribuidos por toda la geografía española. A través de las respuestas ofrecidas ingenieros técnicos industriales y graduados en Ingeniería de la rama industrial, que representan proporcionalmente a la práctica totalidad de los ámbitos productivos, se valora la situación sectorial en nuestro país, a nivel nacional, y se compara al mismo tiempo con la apreciación que estos profesionales tienen del contexto de su región.

También aportan su visión sobre la situación en la que se encuentran las empresas del ámbito industrial, así como de los profesionales que trabajan en ellas (trabajadores autónomos y por cuenta ajena), y las perspectivas que muestran ante la evolución de la economía, en general, y del sector industrial, en particular.

Las respuestas se obtienen a través de la realización de una encuesta por vía telemática, y los resultados del año

en curso se comparan con los del año anterior. La encuesta on line se realizó entre octubre y diciembre de 2021, y a ella contestaron 3.514 ingenieros con una media de edad entre 45 y 54 años (37%), de los cuales el 88% eran hombres, frente a un 12% de mujeres. Hay un alto porcentaje de empleabilidad (88%) y gran mayoría son trabajadores por cuenta ajena (61,90%), seguidos de trabajadores por cuenta propia (29%) y funcionarios (9,10%). La mayoría trabaja en el sector de servicios de Ingeniería (33%), seguido del sector industrial (24%).

Situación actual de la industria en España

Con respecto a la situación actual de la industria en España, la respuesta mayoritaria, corresponde a la escala intermedia, con un 49,29%, mientras que casi el 40% considera que es mala o muy mala, frente al 11 % que opina que es buena o muy buena. En general, estas respuestas son más positivas que en 2020, cuando tan solo el 5,36% de los encuestados marcó esta opción de buena o muy buena, el 42,84% se decantó por la intermedia, y el 51,8% restante optó por las respuestas de mala o muy mala.

En cuanto a la situación de la industria en sus respectivas regiones, el 41,26% la califica como mala o muy mala, mientras que el 36,71% se decanta por el nivel intermedio, y el 22% restante considera que es buena o muy buena. En 2020, las respuestas a este respecto también fueron más negativas: 54,22% la consideraban mala o muy mala, el 34,70% lo valoraba en un nivel intermedio, y tan solo el 11% pensaba que dicha situación era buena o muy buena.

Descontento con las Administraciones

Por otra parte, un año más cabe destacar que existe un cierto descontento

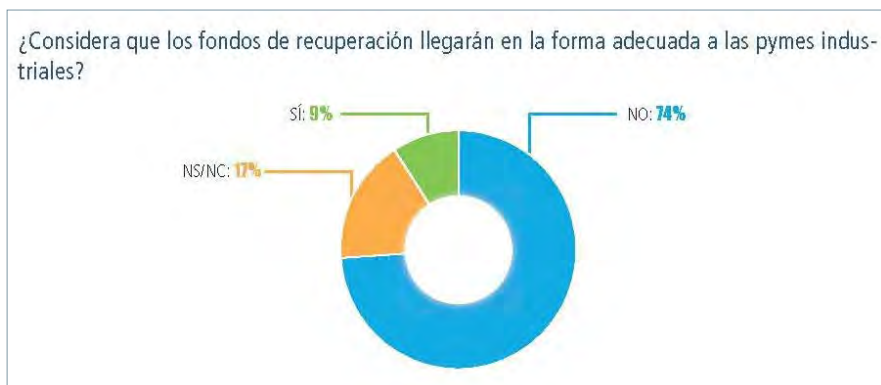
con las Administraciones nacional y regionales, en lo que respecta a las medidas tomadas para desarrollar y fomentar el sector industrial. Un 52% considera que los incentivos a la industria promovidos en su región son insuficientes, y alcanza el 57,74% de descontento cuando se traslada esta misma pregunta al ámbito nacional. Estos datos reflejan una desconfianza menor que en 2020, cuando se obtuvieron unos porcentajes del 67,15% y del 70,33% respectivamente.

Situación laboral

El Barómetro Industrial 2021 refleja también la valoración que realizan los trabajadores sobre la empresa donde trabajan. En líneas generales, el 66,63% de los trabajadores por cuenta ajena considera que su situación laboral en la empresa donde trabaja es buena o muy buena (en 2020 este porcentaje fue del 62%), frente al 7,46% que la considera mala o muy mala (en 2020 suponía el 10%).

Además, un 39% de los ingenieros encuestados opina que la crisis generada por la COVID-19 ha afectado a la situación económica de su empresa, mientras que un 53% considera que no lo ha hecho en gran medida, y un 8% no lo tiene claro, al responder NS/NC (no sabe/no contesta). Estas respuestas difieren notablemente de lo respondido en 2020: el 52% opinó que dicha crisis sí había afectado a su empresa, frente a un 41% que consideraba que no. Por su parte, un 74% ve bastante o muy probable la posibilidad de mantener su puesto de trabajo actual, un porcentaje superior al del año anterior (67,71%).

En el caso de los trabajadores por cuenta propia (empresario o autónomo), un 37,55% piensa que la situación económica actual de su empresa es buena o muy buena, un porcentaje considerablemente superior a los que la consideran mala o muy mala (15%). La respuesta mayoritaria corresponde a la opción inter-



media, con un 47,31%. En esta ocasión, la percepción vuelve a ser más positiva que en 2020: el 27% calificó la situación de buena o muy buena, y el 22,61% de mala o muy mala. La respuesta mayoritaria correspondió una vez más a la opción intermedia, con un 50,47% de las respuestas.

En relación a la evolución económica de su empresa en los próximos años, el 50,67% opina que será buena o muy buena, el 37,33% la sitúa en una escala intermedia, y el 12% considera que será mala o muy mala. En 2020, la visión volvió a ser menos optimista, ya que el 25,29% optó por esta última respuesta, debido seguramente a la crisis provocada por la pandemia del coronavirus, y el 31,12% predijo que la evolución de su empresa sería buena o muy buena en los próximos años. El 43,59% la situó en una escala intermedia.

Por otra parte, el 66% de los trabajadores por cuenta ajena ha indicado que su empresa no ha tenido que someterse a ninguna situación de ERTE, mientras que el 30% ha manifestado que sí ha sido necesario. Estos datos mejoran ligeramente los obtenidos en 2020: el 60% y 38% respectivamente.

Además, el 75% ha tenido que teletrabajar en algún momento y el 30% prevé

seguir haciéndolo; mientras un 8% considera que no lo tiene previsto. En 2020, el 78% teletrabajó, y el 42% preveía entonces seguir haciéndolo; el mismo porcentaje que creía que no seguiría en la modalidad de teletrabajo. Por su parte, un 16% no lo tenía claro (ns/nc).

Otro dato relevante es el hecho de que el 69% de los trabajadores por cuenta propia cree que mantendrá el número de empleados de su empresa, frente a un 8% que considera que la tendencia será a disminuir y un significativo 23% piensa que realizará nuevas contrataciones. En 2020, este último dato representó tan solo el 10% de las respuestas, mientras que el 15% consideraba que la tendencia sería a disminuir las contrataciones, y un mayoritario 75% restante pensaba que mantendría el número de empleados en su empresa.

Asimismo, el 75% señala que no ha tenido que prescindir de ninguno de sus trabajadores, mientras que el 9% aboga por la respuesta afirmativa. El resto, 16%, no lo ha dejado claro, al marcar la opción ns/nc. En 2020, las respuestas fueron prácticamente similares, con un 73% que indicó que no tuvo que llevar a cabo despidos, y el mismo porcentaje que en 2021, 9%, marcó la respuesta afirmativa. El 18% contestó ns/nc.

Por su parte, el 72% indica que no ha sido necesario acogerse a ninguna situación de ERTE, mientras que el 12% manifiesta lo contrario, y el restante 16% prefiere marcar la opción de ns/nc. En 2020, los porcentajes fueron en la misma línea: 71%, 14% y 15% respectivamente. Por último, el 59% de los trabajadores por cuenta propia señala que el presupuesto de su empresa para el año 2022 se reducirá un 30% y el 18% cree que lo hará en un 30%.

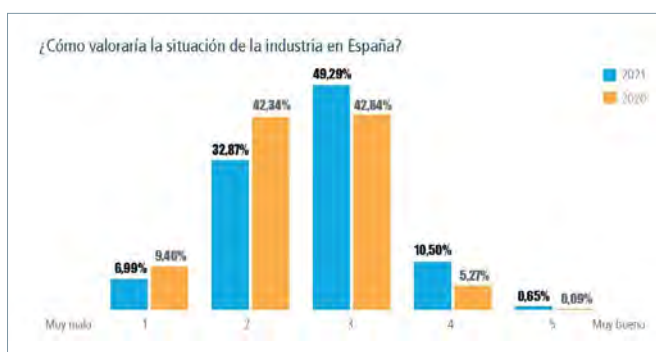
Por otro lado, en el bloque de los desempleados, tan solo el 11% afirma haber perdido su trabajo a causa de la crisis generada por la COVID-19, frente a un mayoritario 78% que indica que no ha sido por dicho motivo, y el 11% no lo tiene claro del todo (ns/nc). En 2020, el porcentaje de los ingenieros encuestados que reconocían haber perdido su trabajo a causa de la crisis generada por la COVID-19 ascendió hasta el 30%, mientras que el 64% indicó que no se debía a esta causa, y el 6% no tenía claro el motivo.

Temas de actualidad

El Barómetro Industrial cuenta también con un bloque de preguntas dedicadas a diferentes temas de actualidad, cuyas conclusiones son especialmente relevantes y significativas en el contexto económico y productivo actual.

Incremento del precio de la energía

Sin duda, uno de los asuntos que más preocupan es el incremento del precio de la energía, que está marcando registros históricos, y que de momento no parece que vaya a ser algo coyuntural. En este sentido, el 56,89% de los ingenieros de la rama industrial piensa que dicho incremento está afectando de manera significativa a su ámbito de actividad, frente al 15,74% que aprecia un grado de afección bajo o muy bajo, y



el 27,38% restante lo sitúa en un nivel intermedio.

Asimismo, en relación a esta cuestión, y con motivo de la transición energética, el 69% de los ingenieros encuestados considera que ésta encarecerá el precio de la energía, frente al 19% que piensa que lo abaratará, y al 12% que cree que apenas tendrá efecto.

Fondos Next Generation de la Unión Europea

Otro tema que destaca por su relevancia e interés es el relativo a los Fondos Next Generation de la Unión Europea, enmarcados en el Plan de Recuperación, que contribuirá a reparar los daños económicos y sociales causados por la pandemia de la COVID-19, y que suponen para España la recepción de 140.000 millones de euros en transferencias y créditos en el periodo 2021-2027. Pues bien, el 39,36% de los ingenieros encuestados opina que los Fondos Next Generation UE pueden afectar de manera positiva al crecimiento del sector industrial, frente a un 22,25% que piensa lo contrario. Cabe destacar que la opción intermedia también es notablemente representativa, con el 38,39% de las respuestas.

Sin embargo, en cuanto a la ejecución y desarrollo de dichos fondos, a nivel general, el 36,68% realiza una valoración negativa, frente al 19,83% que tiene una percepción positiva, y a un 43,48% que se ha decantado por la opción intermedia (respuesta mayoritaria). Trasladada esta pregunta al ámbito específico del sector industrial, las respuestas son todavía algo más negativas, ya que tan solo el 17,9% realiza una valoración positiva, en contraposición del 39,76% que lo valora de forma negativa, y el 42,34% opta una vez más por la respuesta intermedia.

A ello hay que añadir que el 74% de los ingenieros encuestados es de la opinión de que los Fondos de Recuperación no llegarán de forma adecuada a las pymes industriales, mientras que tan solo un 9% piensa que sí lo harán, y el 17% restante no tiene una opinión definida (ns/nc).

Transición ecológica y transformación digital

Preguntados por el grado de sensibilización del sector industrial español con la transición ecológica y la transformación digital, el 42,46% de los ingenieros encuestados lo sitúa en un nivel intermedio, seguido del 34,51% que lo considera

insuficiente (28,14% mala y 6,37% muy mala), y el 23% restante lo considera aceptable (20,86% buena y 2,16% muy buena).

Peso de la industria en el PIB

Las cifras de la industria en España se alejan del objetivo de representar el 20% del PIB fijado por la Unión Europea en su Horizonte 2020, por lo que en la encuesta del V Barómetro Industrial se preguntaba a los ingenieros acerca de si serían partidarios de establecer un nuevo horizonte para alcanzar dicho objetivo, teniendo en cuenta que en la actualidad se sitúa en el 14,7% del PIB. En esta cuestión, la gran mayoría, el 90%, considera que sí sería partidario y tan solo el 7% aboga por lo contrario.

Entre ellos, el 75% plantearía un horizonte entre los años 2025-2030, el 21% en el periodo 2030-2035 y el 3% restante entre 2035-2040.

Desabastecimiento de algunos productos

El crecimiento económico del continente asiático y el control sobre determinadas materias primas, está provocando no solo desabastecimiento de algunos productos, sino además una inflación, que comienza a ser preocupante. En este sentido, se les preguntaba a los ingenieros encuestados si habían sufrido el desabastecimiento de algunos productos o materias primas en su actividad. Pues bien, el 62% afirma que sí lo han experimentado, mientras que el 31% ha marcado la respuesta negativa, y el 7% restante opta por la opción de ns/nc.

En cuanto al grado de desabastecimiento, la mayoría lo sitúa en una escala intermedia, con un 42,62%, seguido del 30% que lo establece en un nivel, y el 27,35% restante en un nivel alto.

Encarecimiento de los productos o materias primas

En relación con la pregunta anterior, la inmensa mayoría de los ingenieros encuestados, concretamente el 87%, piensa que se ha producido un encarecimiento de materias primas y productos, frente al 7% que opina lo contrario, y el 6% restante ns/nc. Además, casi el 70% considera que el grado de encarecimiento ha sido alto o muy alto, mientras el 23,65% lo sitúa en una escala intermedia y tan solo el 6,49% restante en un nivel bajo.

Una perspectiva económica de la situación de la industria

Al igual que en 2019 y 2020, el Barómetro Industrial recoge también el informe elaborado por el Servicio de Estudios del Consejo General de Economistas (CGE), en el que se destacan los siguientes aspectos:

El análisis de la contribución del PIB industrial al total en cada una de las comunidades autónomas muestra que la mayoría de las mismas (12 de 17) presenta una contribución de la industria manufacturera a su PIB por encima de lo que se produce a nivel nacional (11,16%).

En cuanto al empleo en el sector industrial por comunidades autónomas, los datos de empleo del tercer trimestre de 2021 muestran que éste representa el 13,62%, y desciende 0,4 puntos porcentuales con respecto al año anterior. También se aprecia, al igual que en ejercicios anteriores, una correlación lógica entre la producción del sector en cada una de ellas y el empleo generado.

Asimismo, se ha realizado un análisis del sector industrial por comunidades autónomas, en el que de forma grupal se ha comparado la evolución del PIB industrial desde 2000 a 2019 con el conjunto de la economía nacional, y se ha confeccionado en tres grupos: comunidades autónomas cuyo PIB industrial supera al nacional (Navarra, La Rioja, País Vasco, Aragón, Cantabria, Cataluña y Castilla y León); comunidades autónomas con un PIB industrial similar al nacional (Asturias, Murcia, Castilla-La Mancha, Galicia y la Comunidad Valenciana) y comunidades autónomas cuyo PIB industrial es inferior al nacional (Extremadura, Madrid, Andalucía, Canarias y Baleares).

Por último, subrayar el hecho de que, del total de comunidades autónomas, únicamente tres de ellas superan o casi alcanzan el umbral establecido por las autoridades comunitarias, del 20% de aportación del PIB industrial sobre el total del PIB, para asegurar un adecuado desarrollo de la economía de la Unión Europea. A día de hoy, sigue sin conseguirse el objetivo del 20% del PIB fijado por la Comisión Europea para 2020 en cuanto a desarrollo industrial, igual que sucedía en años anteriores, y más aun teniendo en cuenta que todavía persisten los efectos generados por la pandemia mundial de la COVID-19.

Pueden descargar el informe nacional del V Barómetro Industrial en la página web www.cogiti.es.

Programa dirigido a **ingenieros, arquitectos técnicos, abogados, directivos y gestores administrativos**

Programa de especialización

Excel y proyecciones financieras para empresas y despachos

Adquiere las competencias y capacidades propias para elaborar y utilizar unas **proyecciones financieras claras, completas y detalladas** como **herramientas de análisis**.

Plan de estudios

Curso 1.

Excel

Formulación, análisis de sensibilidad y modelización financiera.

Curso 2.

Modelos financieros

Construcción de un modelo financiero y cálculo de los flujos de caja.

Píldoras complementarias de aprendizaje

- *Operating* (29 píldoras)
- *Financing* (20 píldoras)
- Excel (18 píldoras)
- VBA (2 píldoras)

Curso 3.

Business Plan Iniciación

Gestión de negocios y toma de decisiones estratégicas adecuadas.

Curso 4.

M&A iniciación

Construcción de los estados financieros, el DCF, LBO y análisis del modelo de M&A.



Duración: 75 horas



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: 21/04/2022
Fecha fin: 16/06/2022



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).



Acceso a la biblioteca inteligente profesional **Smarteca**



Potencia tu **Networking**



Acceso al examen para **Certificación modex®**

Metodología

El programa se imparte en modalidad **e-learning** que permite **estudiar dónde y cuándo quieras**. Se desarrolla totalmente a través de Internet en nuestro Campus Virtual. Para el seguimiento contarás con un Coordinador Académico que te apoyará y orientará en el desarrollo del curso.

El contenido se estructura en **unidades en formato de video**, con una parte teórica para afianzar los conceptos generales, que se complementa con la resolución de **casos prácticos** en Excel.

Se trabaja con **terminología en español y en inglés**, idioma habitual en los entornos financieros.

Además tendrán lugar **Encuentros digitales**, en tiempo real, donde el docente desarrollará un tema en concreto. La grabación estará disponible posteriormente en el Campus Virtual para su consulta.

El curso está **pensado para profesionales** que podrán compatibilizar su seguimiento con su actividad profesional, siendo de obligado cumplimiento las fechas de finalización y entrega de actividades fijadas al comienzo del programa.

Con un **profesor especializado** a tu disposición para impartir la materia y resolver cualquier duda que te surja y acceso a herramientas Wolters Kluwer relacionadas con la materia.



Los alumnos pueden optar a la certificación **modex®**, examen acreditado por EFFAS (European Federation of Financial Analysts Societies) en modelización financiera.

Precio Total

~~720€~~

Precio Ingenieros y Arquitectos Técnicos Colegiados (15% descuento)

612€

Examen de Certificación en modelización financiera: 115€

Infórmate ahora

Para más información así como para formalizar la matrícula, pueden ponerse en contacto con **Luis Antonio Durán**, en el teléfono **699 49 77 51**, o por e-mail **aduran@wke.es**

Los universitarios muestran su talento en el mundo del motorsport y la automoción

El último número de *Técnica Industrial* se hacía eco de una noticia sobre la iniciativa MadridMotorStudent, en la que participan los estudiantes de Ingeniería que forman parte de los denominados "equipos de motor" de las universidades madrileñas. Estos equipos participan en las competiciones de Formula Student y MotoStudent, en las que se miden con alumnos de las universidades más prestigiosas de todo el mundo. En este número, la publicación ha querido ir más allá, con el propósito de mostrar el trabajo que realizan los equipos de competición en el ámbito de las universidades de toda la geografía española



Mónica Ramírez

Dar a conocer el talento y las habilidades de los estudiantes de Ingeniería es el objetivo de este número especial de *Técnica Industrial*, más extenso de lo habitual y con un formato diferente en parte, para poder dar cabida a todos estos equipos formados por jóvenes universitarios, que con grandes dosis de ilusión y optimismo se preparan para participar en las competiciones de Formula Student y MotoStudent.

Estas competiciones constituyen las grandes citas universitarias del motor, con las que se pretende contribuir a potenciar los avances en el ámbito profesional de la automoción, y al mismo tiempo, poner en valor a la industria española ante las exigencias que suponen unas competiciones de tan alto nivel competitivo.

Los equipos de motor, que en la mayoría de los casos están formados por un gran número de miembros, constru-

yen sus propios prototipos con los que competirán en las próximas ediciones de Formula Student y MotoStudent. De este modo, los alumnos tienen la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos, al tiempo que cogen experiencia para ejercer en el futuro una profesión en la que deberán enfrentarse al reto que exige el desarrollo de tecnologías punteras y una movilidad sostenible.

Además, una vez finalizan sus estudios, los estudiantes que han formado parte de estos equipos de motor, adquieren una mayor visibilidad y potencial para las empresas que demandan ingenieros. Se trata, por tanto, de una magnífica "carta de presentación", ya que supone un gran escaparate para que las empresas puedan ver, además de los proyectos, el talento de los futuros ingenieros y, en este sentido, puedan "captarlo".

En numerosos casos, las universidades cuentan con dos equipos: uno que desarrolla el prototipo para la competi-

ción Formula Student, y otro que lo hace para MotoStudent. En otras ocasiones, sin embargo, se centran solo en una de estas dos pruebas.

Formula Student

Formula Student es una competición internacional de ingeniería, que reúne anualmente a estudiantes de universidades de todo el mundo, con el reto de diseñar, fabricar, defender ante un jurado y pilotar un vehículo tipo fórmula, capaz de acelerar de 0 a 100 km/h en menos de 4 segundos.

Este reto deportivo es evaluado por profesionales del mundo del *motorsport* y de la automoción, y permite a los estudiantes poner a prueba sus conocimientos en un proyecto real de ingeniería, en el que deben manejar presupuestos, tiempos de entrega y el trabajo en equipo.

Esta competición tiene también su reflejo en Formula Student Spain, que desafía a equipos de estudiantes universitarios a concebir, diseñar, fabricar, desarrollar y competir con autos de carrera pequeños, estilo fórmula. Está organizado por STA (Sociedad Española de Ingenieros de Automoción), con el apoyo de instituciones españolas y empresas relevantes del sector de la automoción.

MotoStudent

Por su parte, MotoStudent es una competición internacional, promovida por la Fundación Moto Engineering Foundation, entre universidades de todo el mundo. Los equipos de estudiantes se enfrentan al reto de diseñar y desarrollar un prototipo de motocicleta de competición similar a la categoría mundialista de Moto3. En las siguientes páginas se muestran los equipos de motor de las universidades.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos las novedades del PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás los mejores Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.



SUSCRIPCIÓN ANUAL A CANECO BIM - AUTOCAD 2021

P.V.P. habitual: 8.140 €
P.V.P. COLEGIADOS:
Suscripción 1 año: 1.549 €



ECOSTRUXURE SPECIFICATION
DESCARGA GRATUITA

Paquete RFEM
Acero EC3 5.xx
(RFEM + RF-STEEL + RF-STEEL EC3)

- Contrato de servicio Pro
- 2 horas de curso de formación

5.400 € + IVA
4.400 € + IVA

PAQUETE RFEM ACERO EC3 5.XX
P.V.P. habitual: 5.400 €
P.V.P. COLEGIADOS:
4.400,00 €



NORMAS UNE

HELPEngineering

LLEGA UNA NUEVA FORMA DE HACER INGENIERÍA
Ingeniería Online, Ingeniería 4.0

SOLUCIONES DE INGENIERÍA MECÁNICA PARA FACILITAR EL TRABAJO DE LOS INGENIEROS

| | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Premium Professional Cuota mensual 33% dto. | Diseño de mecanismos | Cálculo Componentes | Área de conocimiento | Normativa |
| | FAB Componentes | Cálculo de mecanismos | Proyectos a medida | Cálculo de resistencia |

HELPEENGINEERING:
LICENCIA PREMIUM PROFESSIONAL MENSUAL

PACK COMPLETO dmELECT

77% Descuento

Instalaciones
- en Edificación
- en urbanización
- Térmicas

P.V. 2.100€+IVA
495€+IVA

COGITI Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales de España
PROMOCION especial dmELECT

¡No esperes más!
(Esta oferta es Por "Simple Licencia")

PAQUETE COMPLETO dmELECT

Paquete PACK Completo

87% Descuento

ARQUIMIDES
- Generadores de proyectos
- Medición automática de plases y enlaces programas CAD

CYPELEC REBT
- Implantación
CYPECAD BASEL730
CYPECAD MEP CTE
CYPECAD MEP Climatización

P.V. 7.812€+IVA
990 €+IVA

COGITI Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales de España
PROMOCION especial cype

Paquete "PACK Completo" REBT

PAQUETE COMPLETO CYPE





Formula Student Vitoria

Colegio promotor:

Escuela de ingeniería de Vitoria-Gasteiz – Universidad del País Vasco UPV/EHU

Competición en la que participa: **Formula Student.**

Propulsión (categoría): eléctrica.



Historia del equipo

En 2018, cuatro estudiantes de la recién creada Ingeniería de Automoción en Vitoria-Gasteiz deciden poner en marcha Formula Student Vitoria (FSV). La gran acogida del grado de Automoción permitió que de esa primera promoción se incorporaran gran parte de los alumnos al equipo, al que se incorporaron también estudiantes de diferentes grados de la Escuela, como Electrónica o Mecánica, logrando la creación de este equipo con 40 personas. El equipo nació con un objetivo claro y ambicioso, llevar a competición, como coche inicial, un vehículo con chasis monocasco de carbono, cuatro motores eléctricos y un sinfín de mejoras en aspectos dinámicos y organizativos del equipo, todo un desafío para un equipo nuevo.

En la creación del equipo “desde cero”, FSV tuvo que afrontar la pandemia de la Covid-19, con el desafío logístico y económico que ello supuso. “Sin embargo, esto fortaleció el trabajo, haciéndolo más constante, y se pudo sobreponer con solvencia. El plan inicial era debutar en 2021; sin embargo, las estrictas restricciones impidieron la participación en competición para dicho año, lo que nos ha permitido un año más de preparación para que 4 años después de que el sueño empezara, nuestro equipo y monoplaza BIZKOR 01 EV estén listos para asistir a las competiciones programadas”, indican desde el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

Formula Student Vitoria acudió como visitante en la competición de Formula Student Spain en 2019. Pero, sin duda, el mayor punto destacado será el debut en la competición de este año. “La selección de competiciones está actualmente en proceso, pero os podemos adelantar que está confirmado el salto internacional”, afirma el equipo.



El equipo Formula Student Vitoria con su prototipo.

Innovaciones tecnológicas

Formula Student Vitoria es un equipo con objetivos ambiciosos e innovadores. “Como se ha mencionado, el diseño de nuestro primer monoplaza está basado en nuestro primer chasis de configuración monocasco y en fibra de carbono”, explican.

El proceso de diseño comenzó con la planificación de los ensayos, diseño y fabricación del utillaje. En esta fase se prepara el diseño del *layup*, con una fase de testeo de hasta 20 probetas diferentes. Parte de este proceso de aprendizaje fue el ensayo, realizado sobre una maqueta 1:2 del cuerpo del monocasco. El siguiente paso, gracias a Mecanizados Arratxa, fue la preparación de los modelos de madera, sobre los que preparó los contramoldes con la técnica de *wet-layup*. Por último, comenzó el gran paso, el laminado del propio monocasco gracias al material de Gurit. Durante horas se trabajó hasta conseguir un resultado integral, ligero y funcional, todo un hito para la primera fabricación de chasis de nuestro equipo.

Además de la fabricación de un chasis monocasco en fibra de carbono, otro de los grandes retos del equipo era imple-

mentar un sistema de propulsión completamente eléctrico con cuatro motores, uno en cada una de las ruedas. “Para hacer esto posible es necesario diseñar una transmisión que adapte el par y la velocidad entregados por el motor eléctrico AMK a nuestras necesidades. El resultado es un complejo sistema integrado en el interior de la mangueta, en el que hay una planetaria compuesta con un ratio de reducción de 14:1. Para no comprometer el espacio disponible en el interior de la llanta, se debe buscar un diseño compacto con unos engranajes de módulos muy pequeños, en nuestro caso 0.8”, señalan.

Patrocinadores actuales

Los principales apoyos del equipo (Clase A), son la Fundación Vital, la Diputación Foral de Álava, el Grupo SPRI, BICAraba, el Ente Vasco de la Energía y Mecanizados Arratxa.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo, liderado por Óscar Díez, se divide en 4 grandes departamentos: Chassis, Electrical, Dynamics y Marketing.



Prototipo de Formula Student Vitoria.

Chassis (Chassis y Aero&Cooling).

Por un lado, Chassis se encarga del diseño, simulación y fabricación del chasis monocasco del vehículo. Por otro lado, Aero&Cooling se encarga del dimensionamiento, simulación y montaje del paquete aerodinámico del coche y sistema de refrigeración de BIZKOR 01.

Electrical (Accumulator, Low Voltage, Control Electronics). Desde Accumulator se realiza el diseño del paquete de baterías del coche y el propio almacenamiento en conjunto con Chassis. Low Voltage y Control Electronics son los grupos de trabajo encargados del diseño y montaje de todo el cableado del monoplaça, PCBs y el sistema de ECUs de control de los motores e inversores del vehículo.

Dynamics (Drivetrain, Steering&Brakes y Suspension) se encarga del cálculo, diseño y montaje del sistema dinámico del vehículo, como las manguetas, la suspensión, o el sistema de dirección.

Por último, **Marketing** se encarga de la relación con los patrocinadores, diseño del Business Plan y mantenimiento de la imagen corporativa del equipo.

Los responsables de cada departamento son los siguientes:

- Óscar Díez, Team Leader. Dynamics Manager.
- Luis Alberto Pérez. Chassis Manager.
- Ibai Ureta. Electrical Manager.
- Beñat Caira. Suspension Manager.
- Zugatz Ansa. Aero&Cooling Manager.
- Jorge Pastor. Marketing Responsable.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

A partir del curso 2022-2023, el equipo afronta un gran desafío. Otra renovación de miembros del equipo iniciará una nueva época de transición y aprendizaje. Con los primeros resultados de FSV en competición, se aprovechará la experiencia para desarrollar un grupo de trabajo en preparación y optimización en setups y en la manera de afrontar las competiciones.

El mayor grueso de trabajo en el equipo se centrará en el diseño y ensamblaje de un vehículo completamente nuevo para competición. "Para ello, partiendo de nuestro modelo inicial, se realizará una iteración en el diseño del chasis monocasco y se llevará a cabo la fabricación de un nuevo conjunto en fibra de carbono. Por otro lado, con respecto a los departamentos eléctricos, los resultados de competición nos serán de gran valía para poder realizar una estimación más realista y fiel en el diseño del paquete de baterías", explica el equipo.

Formula Student Vitoria es un concepto ambicioso e innovador. La tendencia futura del equipo será reforzar lo aprendido durante todo el ciclo de producción de BIZKOR 01, y mantener ese ritmo alto de trabajo para facilitar el trabajo para futuros miembros del equipo.

Otro de los aspectos en los que se profundizará en el futuro, será en la interconexión entre departamentos. Siguiendo la estela de los grandes equipos dominadores en Formula Student, es vital contar con un equipo integral y capaz de aportar su

grano de arena en los procesos de otros departamentos. Esto permitirá una mejor integración en el ciclo de creación del nuevo coche, mejorando la eficiencia y los conocimientos de los miembros de FSV.

Team leader (jefe de equipo)

Cuando Formula Student Vitoria comenzó en 2018, no había más que 4 paredes, un aula vacía y sobre todo, ilusión. Cuatro años después, el ciclo ha alcanzado el hito de poder llegar a competición. El camino no ha sido fácil, puesto que los objetivos del equipo eran ambiciosos y requerían de un gran desarrollo técnico. Sin embargo, ha logrado sobreponerse a las adversidades del comienzo, y diseñar y ensamblar el vehículo. "Sin duda, el diseño del chasis monocasco, la suspensión antiroll en z, la puesta en marcha del sistema de tracción eléctrica, el diseño de un paquete aerodinámico completo y un sinfín de aspectos más, han cumplido nuestras expectativas, y lo más importante, la de todos nuestros apoyos", manifiestan.

Formula Student Vitoria no sería posible sin todos y cada uno de sus patrocinadores, por su gran ayuda y aportando de maneras muy diferentes. "Grandes compañías e instituciones de Euskadi, como la Fundación Vital, la propia Diputación de Álava, Mecanizados Arratxa, BICAraba y Grupo SPRI, o el Ente Vasco de la Energía han apostado por nuestro concepto. Este año, BIZKOR 01 EV, nuestro monoplaça, competirá por primera vez. El camino sigue adelante, y significa el comienzo de la aventura con una gran perspectiva de aprendizaje y evolución de nuestro concepto. Después de haber creado un proceso de gestión del equipo, diseño y fabricación, se abre el desafío de optimizar nuestra metodología", señalan.

Y añaden: "No sólo somos un equipo de competición. En FSV se ponen a prueba las destrezas adquiridas en la enseñanza universitaria, en su conjunto, con una interacción profunda con el mundo empresarial e industrial. Muestra de ello es que nuestro primer coche BIZKOR 01 es una realidad, y el equipo ha recibido el reconocimiento del resto de equipos a nivel nacional e internacional. Tenemos una gran oportunidad por delante para asentar el equipo, mejorar al máximo posible nuestro monoplaça y prepararnos para ser lo más competitivos posibles. Es el momento de demostrar el grandísimo potencial de Formula Student Vitoria".

Contacto del equipo

Team leader: Óscar Díez Arnáiz; email: contacto@fsvvitoria.eus.



VG eMotorSport

Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Universidad del País Vasco.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio promotor:



Historia del equipo

La Universidad del País Vasco ha tenido 3 equipos, uno para cada edición en la que se ha participado. Cada uno de ellos tiene entre 10 y 15 alumnos, estudiantes de ingeniería industrial principalmente. El primer equipo se formó para participar en la categoría petrol de la cuarta edición del evento (2015-2016), y gracias a una experiencia positiva inspiraron a la creación de otro equipo para participar en la misma modalidad en la edición 2017/18.

Para la edición siguiente se decidió asumir el reto de participar en la *categoría electric*. Dado que cada uno de los equipos estaba formado por personal nuevo y distinto al anterior, la complejidad del cambio de paradigma de un sistema de combustión a uno eléctrico y la dificultad que supuso la pandemia del Covid-19, se hace admirable el haber obtenido resultados sólidos, “en todos los aspectos de una competición en la que la mayoría de los equipos no llegan ni a participar en el evento final”, indica el equipo. Actualmente se está en proceso de trabajo con un nuevo equipo para la edición actual.

Palmarés obtenido en la competición

A primera vista, los resultados obtenidos por los 3 equipos podrían sugerir que se trata de un proyecto funcional pero no exitoso, posicionándose entre los puestos 14 y 20 de la competición, pero analizando el contexto se hace evidente el logro que esto supone. Más de 100 equipos se inscriben en cada edición, y durante dos años enfrentan desafíos de diversa naturaleza, inicialmente formando un equipo de trabajo funcional con estudiantes, personas jóvenes con experiencia nula, después consiguiendo patrocinadores y ayudas, preparando el diseño y fabricación del prototipo, y entregando informes calificables a la competición; en esta fase se disuelven muchos equipos.

Al finalizar los dos años, se celebra el



El equipo VG eMotorSport trabaja en su prototipo.

evento final, y aquí también fallan muchos equipos al no contar con un prototipo funcional o no cumplir con alguno de los requisitos o pruebas de la competencia. El hecho de correr y terminar la carrera final sin fallos es un excelente resultado, ya que solo 20 equipos suelen participar en ella.

Innovaciones tecnológicas

A juicio del equipo, la competición no se centra en el desarrollo de innovaciones, puesto que en cierto modo lo que la hace innovadora es el valor educativo que aporta a los participantes. Los estudiantes se enfrentan a retos y realizan trabajos similares a los que lleva a cabo un ingeniero en una empresa; esto los prepara mejor que cualquier asignatura para la futura vida laboral.

Patrocinadores actuales

La competición se ha iniciado hace poco, y el equipo se encuentra en la fase de búsqueda de patrocinadores.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo explica su estructura: Somos 13 estudiantes de ingeniería de la rama

industrial, un tutor principal y un piloto. Los tutores son profesores de la Universidad, que nos asesoran y ayudan administrativamente, y contamos con la ayuda de varios, pero principalmente de Aitor Ruiz de la Torre.

Los estudiantes se dividen en 4 departamentos, electrónica y mecánica, que se encargan del trabajo referente a estas áreas del proyecto, redes, encargados de las relaciones públicas del equipo y el material utilizado en las comunicaciones, y administración, que se encarga de la tesorería y las gestiones necesarias para el funcionamiento del equipo. El líder del equipo es uno de estos estudiantes, Camilo José Cock.

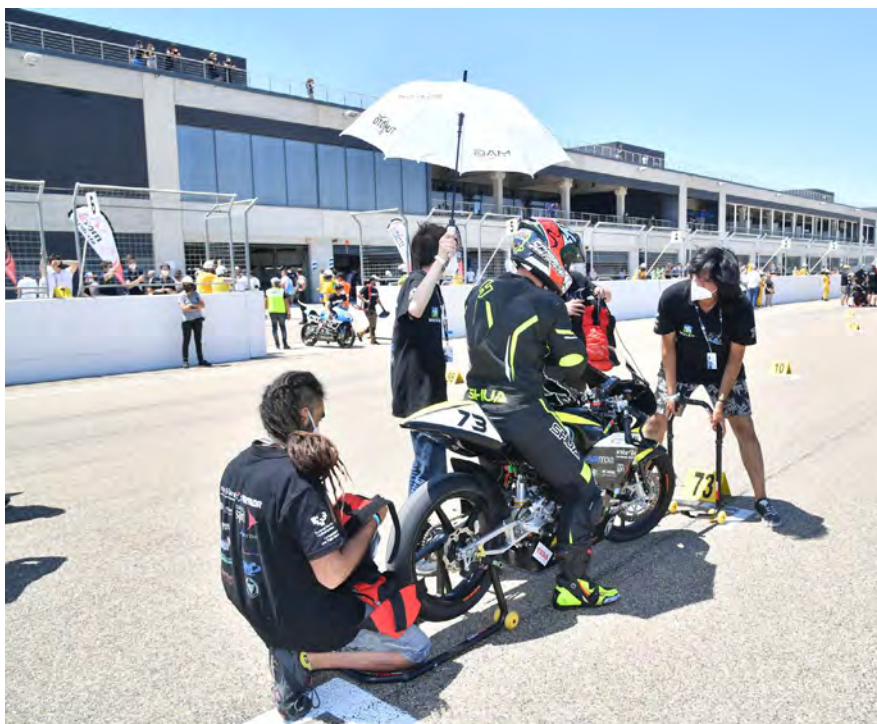
“También contamos con un piloto, Aritz Duran, un mecánico de coches en Vitoria apasionado por las competencias de motos, y que de manera altruista se ha prestado para operar el prototipo en todas las ediciones, y nos ha asesorado en temas de mecánica durante el desarrollo de la moto”, señala el equipo.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo está empezando en estos momentos el trabajo para la edición actual del



El prototipo del equipo VG eMotorSport en plena competición.



evento (temporada 2022/23), y su deseo es continuar en la categoría eléctrica, “pero esta vez queremos no solo cumplir y llegar al evento final, sino tener el rendimiento necesario para competir por los primeros puestos, usando el conocimiento y experiencia obtenidos anteriormente”, señalan.

Team leader (jefe de equipo)

La Escuela de Ingeniería de Vitoria, al igual que la ciudad, es pequeña, y no cuenta con abundancia de personal o recursos para este tipo de proyectos, explica el equipo. La formación de estos equipos ocurre de manera orgánica, con alumnos apasionados por la competi-

ción, mecánica, electrónica o motos, que deciden enfrentar el desafío e intentan realizar el mejor trabajo posible con los escasos recursos que tienen.

La competición presenta obstáculos, como la falta de conocimiento y experiencia, la dificultad de conseguir ayuda y patrocinio, y el nivel de competitividad que presentan los otros equipos. Para poder solventarlo, la filosofía del equipo se enfoca en la eficiencia, “en buscar soluciones elegantes a problemas complejos”.

“Otros equipos dedican grandes cantidades de recursos y trabajo a desarrollar sistemas exóticos que pueden darles más rendimiento, nosotros, por nuestro contexto, evitamos este tipo de trabajos intencionalmente, y nos centramos en diseños que con menos partes y complejidad pueden proveer un rendimiento confiable y predecible. Esto ha probado ser exitoso cuando en la última competición logramos obtener mejores resultados que otros equipos con partes y diseños más exóticos y complejos. Nuestro prototipo, al ser más rudimentario, tenía menos puntos de fallo, y esto es lo que marca el modo de trabajar de nuestro equipo”, explican. *If it looks stupid but it works it ain't stupid*, concluyen.

Contacto del equipo

Team leader: Camilo José Cock Cano, e-mail: motostudent.vitoria@gmail.com.



EPSA Moto-E

Campus de Alcoi de la Universitat Politècnica de València (UPV).
Competició en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsió (categoria): elèctrica.

Colegio promotor:



Historia del equipo

EPSA Moto-E es un proyecto de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), del campus de Alcoi. En este proyecto se pretende diseñar y construir un prototipo de moto eléctrica de competición, con el objetivo de competir en diversos campeonatos, tanto internacionales como nacionales.

“En la competición, EPSA Moto-E es capaz de aprender y mejorar, gracias a toda la experiencia ganada en estos campeonatos. EPSA Moto-E nació en 2014 compitiendo en categoría de combustión, y pasó al mundo eléctrico en 2016. Este proyecto es posible gracias a Generación Espontánea, un programa de la UPV donde ayudan a los alumnos que tienen una idea para crear y aprender”, señala el equipo.

“Este proyecto lo llevamos a cabo alumnos de la Escuela Politécnica Superior de Alcoi, en adelante EPSA. Este equipo está formado por alumnos de todas las gradas y un profesor voluntario. Juntos formamos un buen equipo de competición, consiguiendo entre todos aportar nuestros conocimientos para sacar adelante el proyecto”, indican.

“Este proyecto nos enseña más allá del aula, ya que se trata de una realidad ingenieril que pocas personas conocen. Con el apoyo del equipo solventamos los problemas que puedan surgir, consiguiendo así mejorar el prototipo y poder hacer realidad nuestro sueño”, afirman.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo EPSA Moto-E participó en la VI edición de MotoStudent, frente a 46 equipos eléctricos. “En EPSA Moto-E mejoramos considerablemente nuestras marcas en la parte MS2, y fuimos eliminados en la V edición; y este año hemos conseguido meternos de lleno en la competición, mejorando, aprendiendo y superándonos constantemente”, explican.

El equipo cuenta con el siguiente palmarés logrado en la última edición:



Equipo EPSA Moto-E con su prototipo.

Parte MS1:

- MS1 Best Project: puesto 37°.
- MS1 Best Desing: puesto 39°.
- MS1 Best Innovation: puesto 38°.

Parte MS2:

- MS2 Test 2: Gymkhana (Round 1): puesto 15°.
- MS2 Test 3: Acceleration (Round 1): puesto 19°.
- MS2 Free Practice 2: puesto 17°.
- Race position: puesto 21°.

Innovaciones tecnológicas

“Junto con la parte eléctrica y administrativa, la parte mecánica es de las más importantes en el prototipo, ya que se debe cumplir una extensa normativa de seguridad y comodidad para la correcta funcionalidad del prototipo”, indica el equipo.

“Todo requiere ser calculado y estudiado para, como en toda moto de competición, garantizar la seguridad y reducir el peso del prototipo final. Es por ello por lo que todas las piezas mecánicas, tales como chasis, subchasis y anclajes, entre otras, son diseñadas, fabricadas y ensayadas por los estudiantes”, subrayan.

“El claro ejemplo de seguridad en la moto lo encontramos en las exigen-

tes pruebas que debe pasar por parte de la Organización de MotoStudent; un ejemplo de ellas es la prensa en la que se introduce la moto para comprobar la veracidad de los cálculos o la prueba de frenado de ambos frenos, delantero y trasero con una fuerza de frenada de 0,30 kN y 0,25 kN, respectivamente”, señalan.

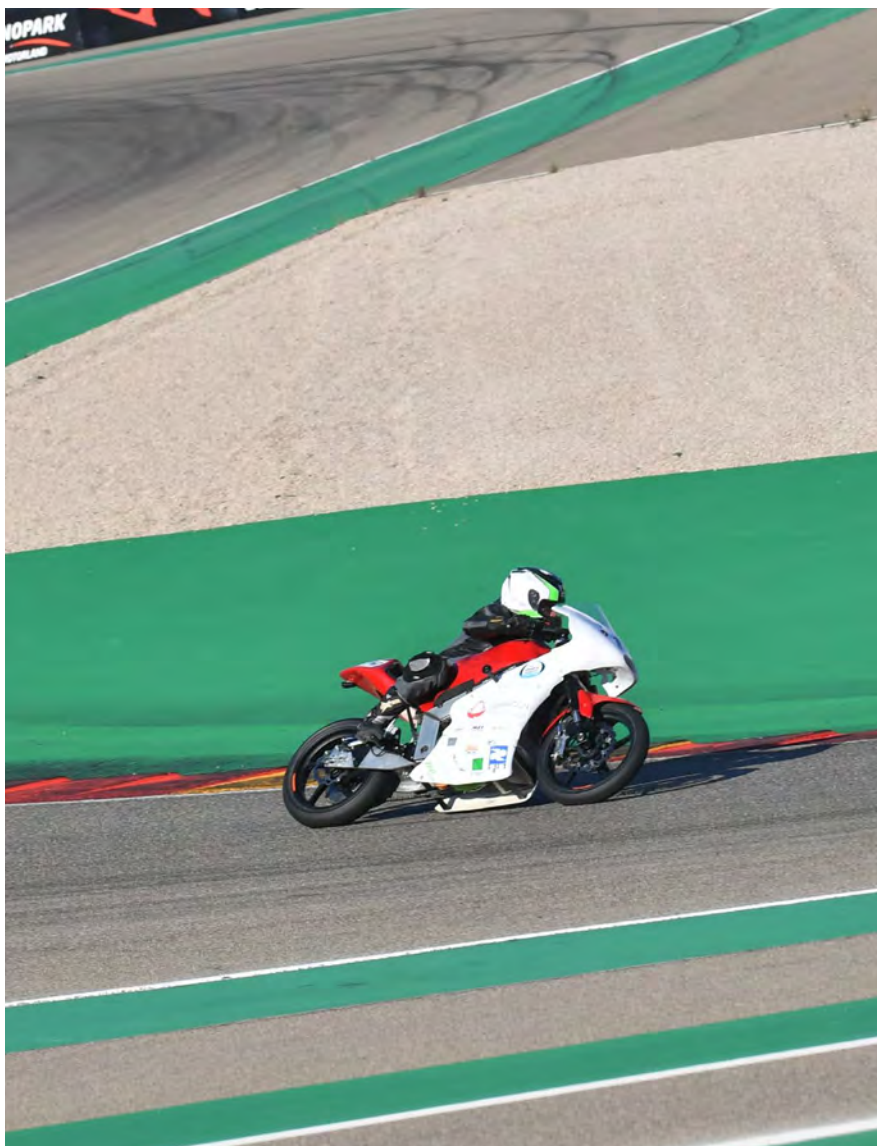
Patrocinadores actuales

El equipo EPSA Moto-E cuenta con diversas empresas y entidades como patrocinadores: Generación Espontánea UPV, Campus de Alcoi de la UPV, Flinsa, AEC, Tecnomecánica Ferrer SL, Aesis SL, Mitjana Xapa i Pintura, Colegio Mayor Ovidi Montllor, Bornay, Xavi Racing, Circuit d'Albaida, Cafeteria Universidad, Ballet Rafa Felipe, Vulco-Neumáticos Dani, NZI, Hagon Ibérica, y Mínguez SA.

Estructura y miembros del equipo de competición

Todos los integrantes del equipo EPSA Moto-E son alumnos de diferentes titulaciones del Campus de Alcoi de la UPV.

El equipo cuenta con un team leader, Antonio Moltó y cerca de una treintena de estudiantes.



Prototipo del equipo EPSA Moto-E en plena competición.



Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Como el propio equipo señala, “el objetivo de EPSA Moto-E es mejorar el prototipo que tenemos ya fabricado, para conseguir mejores resultados en competiciones futuras y ganar más experiencia en el sector, la cual aplicaremos en el nuevo prototipo que se pretende presentar a finales de temporada”.

“Con el mercado de las motos eléctricas y scooters creciendo como nunca en los últimos años, y la significativa mejora de la infraestructura alrededor del transporte eléctrico, la sociedad poco a poco comienza a notar cada vez más los beneficios que trae la alternativa verde”, expresan.

El transporte de combustión convencional contribuye al cambio climático con la generación de gases de efecto invernadero, y la polución del aire hace de las ciudades un lugar ruidoso y contaminado.

“La opción eléctrica, sin embargo, hace frente a todos esos problemas de manera directa, limitando las emisiones de combustión en las ciudades (donde más se utiliza) y reduciendo significativamente el ruido para las motos y scooters. Con la inclinación del mercado hacia modelos más económicos y simples para el uso urbano, el porcentaje de accidentes de motos podría verse afectado también de forma positiva”, destacan.

En conclusión, añade el equipo, “con la sociedad optando por la alternativa eléctrica, no solo está eligiendo una solución a la contaminación del aire, sino que también da los primeros pasos hacia ciudades más limpias y seguras para las futuras generaciones”.

Team leader (jefe de equipo)

“Desde el equipo EPSA Moto-e estamos muy agradecidos de nuestros patrocinadores y colaboradores. Nuestra intención es participar en la competición MotoStudent y en otras competiciones durante muchos años, para que el máximo número de estudiantes del Campus de Alcoy de la UPV puedan disfrutar de esta experiencia”, afirman.

“Siempre queremos aspirar a más, pero eso es imposible sin patrocinadores y colaboradores. Gracias a todos y esperamos crecer con vuestra ayuda”, concluyen.

Contacto del equipo

Team leader: Antonio Moltó; e-mail: anmolbau@alumno.upv.es



UAL Racing Team

Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Almería.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio promotor:



Historia del equipo

UAL Racing Team nace de la ilusión de varios estudiantes de la Universidad de Almería aficionados al motorsport, que buscan poner en práctica todas las competencias adquiridas durante el grado.

El equipo nace en septiembre de 2021 y comienza a formarse con un primer departamento de estudiantes de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica Industrial, Ingeniería Eléctrica y, posteriormente, se forma un departamento de alumnos de Marketing y Administración y Gestión de Empresas para llegar a ser un equipo multidisciplinar.

Actualmente, UAL Racing Team es un equipo totalmente nuevo, que ha revivido el antiguo equipo que existió en la Universidad, concretamente en la temporada 2015/2016. "Para ello, se ha dado un lavado de cara total, que ha permitido formar una nueva estructura mucho más amplia. Al principio, más que un proyecto era una ilusión, debido a que los recursos y ayudas eran limitados y escasos. Sin embargo, gracias a un gran trabajo de nuestros integrantes, conseguimos darle una gran visibilidad inicial al proyecto, tanto en la universidad como en redes sociales, encontrando así oportunidades con empresas y entidades que nos dieron su apoyo como, por ejemplo, la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería", afirma el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

Actualmente, UAL Racing Team no ha participado en ninguna competición; sin embargo, el antiguo equipo de la Universidad logró muy buen resultado en su año correspondiente de la competición MotoStudent.

"Por ello, para poder evolucionar el prototipo correctamente, y que nuestros integrantes obtengan una valiosa experiencia, este año 2022 y parte de 2023,



El equipo UAL Racing Team prueba su prototipo.

realizaremos otras competiciones a nivel nacional como puede ser la KTM RC390 CUP", señalan.

Innovaciones tecnológicas

El equipo indica que han enfocado el proyecto de manera que tratan de mejorar algunas de las tecnologías utilizadas por las grandes marcas. "Debido a ello, nos vamos a centrar en la sistemática de motocicletas de competición estilo Moto3, ya que aún estamos en el desarrollo del diseño del prototipo, y lo único que podemos reflejar respecto a su tecnología es que nos hemos centrado en proporcionar una estabilidad, transmisión y reparto de pesos lo más equilibrada posible", afirman.

"Además, cabe destacar nuestro interés en el aspecto de admisión del aire en nuestra motocicleta; por ello trataremos de realizar nuestro propio Airbox y entrada de admisión", explican. Además, una parte esencial también será la accesibilidad de los mecánicos a la hora de trabajar en el prototipo, debido a lo cual, la disposición de su moto tendrá una logística lo más organizada posible.

"También trataremos de evolucionar la electrónica de la montura mediante sis-

temas de adquisición de datos y otros artilugios, diseñados y programados por nuestro departamento de electrónica", concluyen.

Patrocinadores actuales:

Entre los patrocinadores que actualmente están colaborando con el proyecto del equipo UAL Racing Team se encuentran Gasolinera PACOCALCULA E.S., Mi aceite Putoline, Canaya Skindesigns, M. garcía3D, RaceBox Pro, Circuito Costa de Almería, Almericar, Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería y Vicerrectorado de Estudiantes de la Universidad de Almería.

Asimismo, debido a que el proyecto es muy reciente, el equipo está en proceso de obtener el apoyo del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Almería.

Estructura y miembros del equipo de competición

La estructura del equipo está formada por los siguientes miembros:

Team Leader: Josu Hernández Azpeitia.

Jefe/Director Técnico: Carlos Alba Sola.



Equipo UAL Racing Team con su prototipo.

Directora de Marketing: Lucía Fernández López.

Responsable de departamento de mecanizados y fabricación: Alberto Pérez García.

Responsables de organización y supervisión de departamentos: Pablo Vallejo de Hoyo y Salvador de Benavides Jiménez.

Responsable del departamento de electrónica: Fran Martín Villegas.

Departamento de diseño: Juan Miguel Mercader, Ana Gómez Espinosa, Eric Castillo Sanguino, Juan Manuel Sánchez Capilla y David Pardo López.

Departamento de Marketing y Finanzas: Rosa Patricia Muley Zablava,

Mieria Pérez Picola, Bianca Luliana Boro-leanu y Lucía Fernández López.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“Lo que nos diferencia a la mayoría del resto de los equipos es que nuestro objetivo es abarcar más competiciones fuera de MotoStudent, ya que buscamos que sea un proyecto ambicioso que permita obtener experiencia en el mundo del motorsport a cada uno de nuestros integrantes. A su vez, esto nos permitirá ir adquiriendo mucha experiencia para mejorar como equipo”, señalan.

“Este 2022, colaboraremos con nuestra piloto Ainara Jiménez para participar

en la KTM RC390 CUP. El objetivo es poder participar en otras copas de promoción españolas e internacionales de motociclismo de manera profesional, como otras universidades han hecho en otras ocasiones. Asimismo, planeamos para la temporada 2023/2024, hacer algunas apariciones en algunos campeonatos de velocidad a nivel nacional e internacional”, indican.

Team leader (jefe de equipo)

El equipo explica que “uno de nuestros grandes puntos fuertes es que contamos con estudiantes con experiencia en el sector de la competición sin ser profesionales en el ámbito, pero cuentan con conocimientos esenciales, lo que es clave para la gestión del equipo, sus recursos y miembros. De esta forma, hemos optado por profesionalizar al máximo toda nuestra estructura, para poder alcanzar nuestro objetivo de competir a nivel profesional, que permita obtener experiencia en el mundo del motorsport a cada uno de los integrantes del equipo. Además, esto nos permitirá mejorar como equipo en todos los aspectos”.

Otro aspecto relevante es que cuentan con el asesoramiento de personas de gran renombre en el sector, lo que les ayuda a tener un nivel de competencia muy alto.

Un aspecto fundamental para UAL Racing Team es el patrocinio, por ello “queremos asociarnos con empresas, mediante relaciones de beneficio mutuo, que apuesten por el talento joven y el I+D+I. Para ello, ofrecemos un espacio en nuestra motocicleta, ropa de trabajo, carteles, paneles del box y más elementos para publicitarse”, señalan.

Debido a que el equipo cuenta con una estructura nueva, ofrecen a sus colaboradores la opción de establecer un patrocinio monetario o técnico, con el objetivo de facilitarles material o servicios. Finalmente, los alumnos buscan que UAL Racing Team sea el equipo de referencia para todos aquellos estudiantes de la Universidad de Almería que tratan de tener una oportunidad que les permita adquirir experiencia en el mundo del motorsport.

Contacto del equipo

Los datos de contacto del equipo son los siguientes:

Team Leader: Josu Hernández Azpeitia;
e-mail: ualracingteam21@gmail.com



Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

EUPLA Racing Team

Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia. Universidad de Zaragoza.

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio promotor:



Graduados en Ingeniería
Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón
Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón

Historia del equipo

EUPLA Racing Team es un equipo formado por estudiantes de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina. "Somos alumnos de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería de Organización Industrial, que tenemos como objetivo diseñar y fabricar una moto de competición 100% eléctrica para participar en el proyecto MotoStudent, una competición biennial que enfrenta a universidades de más de 17 países, y de hasta 4 continentes diferentes. La prueba final de esta nueva edición tendrá lugar en el circuito de MotorLand Aragón (Alcañiz) en octubre de 2023", explica el equipo.

EUPLA Racing Team se formó en el año 2015, cuando en la competición de MotoStudent se incorporó la categoría eléctrica. Con el paso de los años, el equipo cuenta con 3 prototipos que han competido en el circuito de MotorLand Aragón, con un buen desempeño en la competición.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo EUPLA Racing Team cuenta con el siguiente palmarés en la competición de MotoStudent:

- MotoStudent Electric IV Edición: 9ª posición en mejor diseño, en mejor innovación y en la clasificación general.

- MotoStudent Electric V Edición: 6ª posición en mejor diseño, 9ª posición en mejor innovación y 10ª en la general. Además de obtener un 7º puesto en la carrera.

- MotoStudent Electric VI Edición: 9ª posición en break test, 6ª posición en gymkana (concatenación de conos, en la que se pone a prueba la agilidad de cada moto) y 11ª posición en la salida de parrilla de 46 participantes.

Innovaciones tecnológicas

El equipo explica que "en la primera moto que se fabricó, se incorporó un sistema de detección para avisar al piloto de que



Equipo EUPLA RACING TEAM.

tenía una moto situada a poca distancia detrás de él. Este sistema de detección de ángulo muerto, presentaba una complicación de falsa detección, puesto que, en ocasiones, debido al ángulo de inclinación de la moto en paso por curva, éste detectaba el asfalto como si de un piloto se tratase, indicando erróneamente al piloto en el display que otro contrincante se encontraba cerca".

"Esta complicación se solucionó fácilmente con la incorporación de un giroscopio, que se calibró para que compensara los grados de inclinación a los que la moto es sometida al tumbarse en las curvas. Cuando este sistema de detección del ángulo muerto se implementó, era muy novedoso; de hecho, a posteriori, este mismo sistema lo incorporaría la famosa y prestigiosa marca del motociclismo Ducati", señalan.

Y añaden: "Para las siguientes ediciones, se puso el ojo en la investigación y el desarrollo de tecnologías punteras que se pudieran trasladar al mundo industrial. Por ello, en la segunda moto se diseñó un sistema de carga rápida de la batería, con la que se conseguía cargarla completamente en menos de media hora. Antiguamente, este proceso de carga de la batería

podía durar horas, ya que las celdas de la batería no se cargan de forma uniforme y cada cierto tiempo, cuando las celdas no tenían una carga equitativa entre sí, había que desconectar el cargador y consumir energía, para que así las celdas con mayor carga se descargasen y conseguir nuevamente que todas las celdas tuviesen el mismo nivel de carga para poder reanudar el proceso".

El equipo explica también que "otra forma de realizarlo era desconectar el cargador y hacer que las celdas con mayor carga suministraran energía a las celdas menos cargadas, para así igualarse. Esto hacía que el proceso de cargado de la batería fuese un proceso lento e ineficiente, con lo que, con el sistema implementado, reducimos el tiempo de carga y aumentamos considerablemente la eficiencia del proceso".

"Siguiendo la misma línea de trabajo en la tercera moto, el equipo comenzó a investigar cómo se trabajaba a la hora de realizar la sustitución de las celdas dañadas de la batería. Para ello, había que desmontarla entera, desconectarla y sustituir las celdas correspondientes. Entonces se implementó un sistema en el que se podía cambiar las celdas de la



Prototipo el equipo EUPLA RACING TEAM en plena competición.

batería de una forma mucho más cómoda y eficiente, sin tener que desmontarla por completo, y se podía acceder directamente al módulo dañado y sustituirlo rápidamente”, concluyen.

Patrocinadores actuales

El equipo EUPLA Racing Team cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón (COGITIAR) como patrocinador, además del Ayuntamiento de La Almunia y la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia.

Estructura y miembros del equipo de competición

El nuevo equipo formado para competir en la temporada 2022-2023 se estructura en varios departamentos, cuyos responsables son los siguientes: Miguel Gaspar (team leader), Víctor Dueñas (Marketing), Ilmira Lembergenova (Eléctrica/Electrónica), Alain Lecumberri (Eléctrica/Electrónica), Carlos Balanta (Eléctrica/Electrónica), Eduardo Revilla (Eléctrica/Electrónica), Miguel Escudero (Mecánica), Santiago Serrano de Triana (Mecánica), Paula Carmona (Mecánica) y Pablo Hernández (Aerodinámica).

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“Con el paso de los años, el equipo EUPLA Racing Team cuenta con 3 prototipos, que han competido en el circuito de MotorLand Aragón, obteniendo así una experiencia clave a la hora de plantear la planificación para nuevos prototipos. Es

por ello que de cara al futuro tenemos como objetivo diseñar y fabricar una moto eléctrica 100% muy competitiva, con la que podamos luchar por la victoria dentro de la competición”, afirman.

Además, “el equipo cuenta con mucho trabajo y datos obtenidos de competiciones anteriores, por lo que tenemos unas buenas bases asentadas dentro del equipo. Somos conocedores de las partes en las que tenemos que trabajar en mayor profundidad, y de los aspectos en los que simplemente tenemos que realizar pequeños retoques en el diseño”, indican.

“Para realizar todo este proceso tan largo y duro hasta la competición, que se realizará en 2023, contamos con un nuevo equipo de estudiantes de Ingeniería que va a trabajar a conciencia para limar hasta el más mínimo detalle de la nueva moto”, concluyen.

Team leader (jefe de equipo)

“EUPLA Racing Team es un proyecto maduro. El equipo ha diseñado y fabricado hasta la fecha tres modelos de motocicletas 100% eléctricas, que han competido desde que se creara la edición MotoStudent Electric, en el circuito de MotorLand Aragón con un gran desempeño.

Nuestro objetivo principal para la VII edición de MotoStudent es desarrollar un prototipo de moto eléctrica muy competitiva. Para poder luchar por ello, realizaremos un estudio exhaustivo de los prototipos de motos anteriores”, señalan.

“Gracias a la experiencia con la que cuenta el equipo, se realizará un estu-

dio sobre los distintos componentes, en el que podremos elegir contrastando la gran cantidad de datos y telemetrías con las que contamos, que es lo que mejor funciona a la hora de ponerse el casco, y pelear por la victoria el día de la competición”, explican.

A lo que añaden que “el camino es muy largo y hay mucho trabajo que realizar por delante, pero contamos con un gran equipo de ingenieros, que además cuentan con experiencia en el sector industrial, y que nos puede dar un toque diferenciador a la hora de cuidar el más mínimo detalle”.

“Se trabajará con un rumbo claro, sobre unas bases bien asentadas dentro del equipo, en el que la prioridad será la fiabilidad y efectividad del nuevo prototipo; pero para realizar todo este trabajo es necesaria la ayuda aportada por todos los sponsors, que son una parte fundamental a la hora de realizar nuestro novedoso proyecto”, aseguran.

“Además de proyectar la imagen de las empresas a nivel global, asociándolas a un ambiente de progreso e innovación, desde EUPLA Racing Team queremos ayudar al desarrollo de nuevas tecnologías y al testeo de aquellos productos proporcionados por nuestros colaboradores.

EUPLA Racing Team trabaja mano a mano con los sponsors, que siempre tienen disponibles a los miembros del equipo para poder realizar los ensayos de sus productos y testarlos en un circuito, montados sobre motos de competición, sobre los cuales nosotros les devolvemos unos datos indispensables, que les son de una ayuda vital a la hora de desarrollar su producto final”, expresan.

Este trabajo, entre equipo y sponsor, se refleja a posteriori, ya que la gran mayoría de integrantes del equipo terminan desarrollando sus conocimientos en Ingeniería en las empresas colaboradoras, lo que convierte al equipo en una cantera de talento ingenieril de muchas empresas.

“Por ende, nuestro objetivo para la próxima fecha de la competición será rendir al máximo nivel y luchar por llevarnos la VII edición de MotoStudent, exprimiendo todos los recursos disponibles y el trabajo conjunto entre un gran equipo de ingenieros y los sponsors, para que finalmente se vea reflejado en el prototipo final”, concluyen.

Contacto del equipo

Team leader: Miguel Gaspar Piquero;
e-mail: eupларacingteam@gmail.com.



WolfAst UniOvi

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo.

Competición en la que participa: **MotoStudent**

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo WolfAst UniOvi es uno de los equipos fundadores de la competición MotoStudent, y ha participado en todas las ediciones celebradas en dicha competición. El equipo ha desarrollado motocicletas con motor de combustión 125 2T, 250 4T y con motor eléctrico. Inicialmente era un equipo pequeño, vinculado en exclusiva a la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, pero actualmente ya integra a una veintena de alumnos de varios de centros de la Universidad de Oviedo.

“WolfAst UniOvi casi siempre ha conseguido situarse en el Top 10 de la categoría en la que ha competido en el apartado MS1 (proyecto industrial), logrando en la 2ª edición, el Premio al mejor diseño”, explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

1ª Edición – Categoría Petrol – Pos MS1 14/23 – Pos MS2 22/23

2ª Edición – Categoría Petrol – Pos MS1 6/18 – Pos MS2 8/15

3ª Edición – Categoría Petrol – Pos MS1 6/29 – Pos MS2 15/25

4ª Edición – Categoría Petrol – Pos MS1 7/36 – Pos MS2 29/35

5ª Edición – Categoría Petrol – Pos MS1 11/45 – Pos MS2 29/45

6ª Edición – Categoría Electric – Pos MS1 10/46 – Pos MS2 21/27

Innovaciones tecnológicas

El equipo WolfAst UniOvi ha desarrollado las siguientes innovaciones tecnológicas:

1ª Edición – Inyección electrónica para motor 2T y airbox prototipado en 3D.

2ª Edición – Aerofreno trasero y sistema de retrovisor electrónico.

3ª Edición – Chasis tipo Trellis con tubos de fibra de carbono.

4ª Edición – Asistente aerodinámico a la conducción y sistema de publicidad dinámica.



El equipo WolfAst UniOvi con su prototipo.

5ª Edición – Sistema de salida holeshot en el tren delantero y trasero.

6ª Edición – Sistema de suspensión trasera progresiva mediante leva.

Patrocinadores actuales

El equipo WolfAst UniOvi cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales del Principado de Asturias (COGITIPA) como patrocinador.

Estructura y miembros del equipo de competición

La estructura del equipo se divide en 3 departamentos, formados por las siguientes personas:

Chasis y carenado

Tristán Alonso, Andrea Iglesias, Daniel Amling, Álvaro Alonso, Álvaro López, Manuel Paz, Alberto Baldes, Fernando Rubio y Miguel Álvarez.

Batería y tren de potencia

Mario Fuertes, Eloy Ceñera, José Vallejo, Ignacio Pereira, Carlos Raposo, Ane Jauriz, Leo Villalba y Alejandro Calero.

Comunicación y plan de negocio

Pablo Berenguer, Raúl González, Carlos Fernández y Daniel García.

El personal de cada departamento se organiza en subgrupos más pequeños para realizar las tareas encomendadas. Estos subgrupos pueden ser permanentes o temporales, dado que las actividades que realizan los estudiantes varían mucho a lo largo del proyecto. Al inicio del mismo, el trabajo se centra en la realización del diseño y los cálculos, mientras que en la parte intermedia se realizan las compras y la fabricación de componentes, y en la parte final se lleva a cabo el montaje, ajuste y test del prototipo diseñado.

El equipo está coordinado por un team leader (Luis Alfonso Martínez) y por un grupo de cinco profesores de la Universidad de Oviedo, pertenecientes a dos departamentos distintos, liderado por los profesores Álvaro Noriega (perteneciente al área de ingeniería mecánica) y Pablo García (perteneciente al área de ingeniería de sistemas y automática).

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo WolfAst UniOvi ya está trabajando en la edición 2022-2023 de la



Prototipo del equipo WolfAst UniOvi en plena competición.



competición MotoStudent, en la que participarán de nuevo en la categoría Electric. Para ello, el equipo está desarrollando una evolución del prototipo de la edición anterior, intentando mantener sus puntos fuertes y mejorar en los puntos débiles detectados, tanto en los entrenamientos previos como en la competición celebrada en julio de 2021.

La visión de futuro del equipo es la consolidación y expansión de un esquema de selección de estudiantes muy motivados, y de su formación especializada en el campo de los vehículos eléctricos y la competición. “Este perfil de profesional es muy demandado tanto por las empresas del sector de la automoción, como de otros sectores industriales, que estiman mucho el perfil proactivo y autónomo que demuestran los estudian-

tes participantes. A su vez, los alumnos perciben esa formación adicional como una mejora de su empleabilidad, una vez terminada la carrera. Esto hace que se genere una relación sinérgica entre el equipo y las empresas patrocinadoras que suelen estar interesadas en los profesionales generados”, explica el equipo.

Team leader (jefe de equipo)

“Wolfast no es solo un equipo que va a competir a una carrera de motos internacional, Wolfast es un proyecto en el que se buscan formar a futuros profesionales de distintas disciplinas, como ingeniería, comercio o marketing”, señala.

A lo largo de toda una edición de la competición, los estudiantes aprenden a solucionar problemas reales que en los grados no se habían encontrado. “Por

otra parte, se fomenta el desarrollo de las tan famosas y demandadas *soft skills*, que les encantan a las empresas. Entre estas habilidades, destaca la capacidad de trabajar de manera coordinada en grupos grandes de personas, que buscan llevar a cabo un mismo objetivo, algo que por mucho que te lo traten de enseñar, no se aprende hasta que lo experimentas”, indica.

Por otra parte, “se busca crear un entorno de confort y seguridad para los alumnos, con el fin de invitarlos a desarrollar nuevas ideas innovadoras o para preguntar cuestiones que delante de sus compañeros de clase no se atreverían a realizar. Esto se consigue gracias a que el conocimiento pasa de unos alumnos a otros al final de cada edición, por lo que no ven a la persona que les está ayudando como un profesor distante, sino como un igual”.

Con todo esto, evidentemente, la aspiración del equipo es siempre ir aumentando su *know how* con el paso de los años, y poder desarrollar cada vez prototipos más sofisticados y depurados. De esta manera, no solo se obtienen mejores puestos en la competición, sino que la formación de los estudiantes presentes en el proyecto cada vez es más completa.

“La obtención del décimo puesto mundial, el pasado año, en la categoría de diseño, demuestra que estos valores que se acaban de comentar se están cumpliendo, plantando cara a equipos con más presupuesto o a universidades más grandes”, expresa.

Y concluye: “Para terminar, quiero destacar que cuando compites con otras personas, por un mismo puesto, muchos pueden tener en su currículum un grado, un título de inglés o nociones de manejo de programas que tú no sabías ni que existían, pero el haber estado en un proyecto así denota más cosas, aparte de las habilidades técnicas que puedas haber mejorado, denota esfuerzo, pasión y ganas de aprender más allá de la universidad, no quedándote sólo con lo que ves en las aulas, algo que yo valoraría mucho si tengo que escoger a alguien para que trabaje conmigo, y por lo que hace a la gente de este equipo extraordinaria”.

Contacto del equipo

Correo institucional del equipo: wolfast@uniovi.es

Correo del team leader (Luis Alfonso Martínez): UO257341@uniovi.es



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

e-Tech Racing

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE). Universitat Politècnica De Catalunya.
Competició en la que participa: **Formula Student**.
Propulsió (categoria): elèctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo se constituyó en la temporada 2013-14, en la EUETIB, la antigua Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona. Comenzó con el diseño de un prototipo eléctrico, que participó en FSS 2014 únicamente como prototipo, presentándose solo a las pruebas estáticas. A partir de este primer monoplaza, han diseñado y fabricado 6 monoplazas en total, y actualmente se está trabajando en la fabricación del séptimo, así como en el diseño y desarrollo del octavo y noveno monoplazas. Actualmente, el equipo se encuentra en la EEBE (Escola d'Enginyeria de Barcelona Est), donde el proyecto sigue adelante.



Equipo e-Tech Racing al completo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo e-Tech Racing obtuvo un segundo puesto en la prueba estática de Cost en FS Czech, en el año 2017.

Innovaciones tecnológicas

"Para el monoplaza de esta temporada, no se está trabajando en ninguna innovación tecnológica de gran calibre, pero sí en el desarrollo de la fiabilidad del vehículo. Actualmente, estamos trabajando en el desarrollo de un nuevo pack de baterías, en el que hacemos el cambio a celdas cilíndricas para la temporada que viene, y en el desarrollo de unos nuevos motores a rueda, junto con sus inversores para el monoplaza de aquí a dos temporadas", explica el equipo.

Asimismo, el equipo trabaja en la parametrización de la fibra de carbono, y se están estudiando los laminados para optimizar el peso del monoplaza sin perder resistencia, así como en el desarrollo de un nuevo conjunto de fondo plano y difusor.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta en la actualidad con 60 patrocinadores, entre los que se encuen-

tra Enginyers de BCN (Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona), aunque señala que todavía no se ha cerrado el listado de esta temporada. Los confirmados hasta el momento son los siguientes:

Principal: Vernis Motors.

Platinum: Q3D composites, Shaeffler, Batemo, LEMO y .ETAS

Gold: Intech 3D, KISSsoft, CSUC, Gurit, aluNID, Enginyers Industrials de Catalunya, Procircuits, Nexus y Prema Industrial SL.

Silver: Rösler, Siemens, Joan Bonastre SA, CITCEA, EDAG, Grupo Betulo, CEYS, Moldea, Boloberry y Amada.

Bronze: Hyundai Power Products, Global Composites, 3A Core Materials, BTEC, Enginyers de BCN, AFV Inicia, BCN Activa, Würth Elektronik, Tormetal y GEDORE.

Colaboración: Mecakim, Delta Fans, Coemmo, Sensata & Cynergy 3, General Sealants, Elegoo, Isovolta, Gebauer & Griller, JLC, PCB, Starcke, Schroth, Muelles CROM, IGUS, ERMEC, Bender, Ruedas Alex, Cridi Murata, STF, Cridi y Guirao.

Software: MATLAB, IPG CarMaker, CimWorks, Ansys y Altium.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo tiene una estructura donde en la directiva no hay ninguna figura "por encima de otra", sino seis responsables de las diferentes áreas:

- Marketing y Media: Ona Folch.
- Management: Pol Lezcano.
- Operations: Anna Creus.
- Mecánicos: Gerard Aguilar, Eric Delgado.
- Eléctrico electrónico: Gerard Pere.

Además, está separado en dos bloques, mecánicos y eléctricos/electrónicos. Dentro de cada bloque hay los diferentes departamentos y cada departamento tiene un responsable. En el bloque mecánico:

- Aerodynamics: Álvaro Altamirano, Paul Brezuleanu, Ona Folch y Eduardo Poch.
- Body: Gerard Aguilar, Marc Casas, Nil Rosales y Marc Ventura.
- Brakes & Wheels: Carlos Leon.
- Composites: Carlos Álvaro y Francesc Barberá.
- Cooling: Miguel Ángel García.
- Steering: Raúl Lopez y Manel Rodríguez.



Miembros del equipo e-Tech Racing posan junto a su prototipo al finalizar la competición.



- Suspension: Jordi Cortizo, Miguel Fernández y Iván Trigueros.
 - Transmission: Pablo Arias y Kevin Martínez.
 - VDC: Eric Delgado.
- En el bloque eléctrico/electrónico:
- Accumulator: Francesc Mora.
 - BMS: David Redondo.
 - Dashboard: Gerard Pérez.
 - Main ECU: Àlex Tolosa.
 - Harness y PCBs: Dannes Ojeda.
 - Motors & Inverters: David Salinas.
 - Packaging: Alfonso Martos y Sergi Rodríguez.
 - Sensorics: Anna Creus.

En el departamento de Marketing: Emma Martín.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Actualmente, el equipo está trabajando en 3 proyectos paralelamente. En primer lugar, en el coche actual, en el que

se hacen pocos cambios para mejorar la fiabilidad y el cumplimiento de la normativa. Como segundo proyecto se está trabajando en el desarrollo del monoplaza del año que viene, en el cual se va a introducir un nuevo pack de baterías y se tienen que estudiar todos los cambios derivados de esta mejora. Por último, se está trabajando en un monoplaza a dos temporadas vistas, en el que se implementarán motores a rueda (ahora no los llevan), y como consecuencia, se va a realizar una remodelación de la geometría del monocasco, suspensiones, dirección, distribución electrónica, refrigeración y elementos aerodinámicos; es decir, se está trabajando en un monoplaza completamente nuevo.

“Los objetivos principales del equipo a largo plazo son tener un coche fiable y competitivo que nos permita llegar a tener buenos resultados, tanto dinámica como estáticamente. Además, se está trabajando en tener una base de cono-

cimiento compartido, basada en una buena documentación del trabajo, para tener continuidad dentro de los distintos departamentos, ya que históricamente no se ha hecho. Otro de los objetivos es trabajar en el desarrollo tecnológico del monoplaza para conseguir tener mejores prestaciones que en todos los monoplazas desarrollados con anterioridad”, señala el equipo.

Team leader

e-Tech Racing es un equipo de Formula Student, formado por un grupo joven de estudiantes de grado, amantes del mundo del Motorsport y/o que quieren desarrollarse como ingenieros, cursando este grado. “La pandemia ha sido una experiencia difícil pero nos ha servido para sacar lecciones de esta vivencia y tener los objetivos más claros. Nuestro cometido es desarrollar un monoplaza eléctrico de altas prestaciones para competir en diferentes pruebas internacionales del certamen Formula Student, empezando siempre por la más cercana: la Formula Student Spain, que se celebra en el Circuit de Catalunya”, indican.

Pese al hecho competitivo, la misión de este proyecto es desarrollar las habilidades personales de los estudiantes dentro de un contexto de máxima exigencia, y establecer fuertes vínculos con empresas líderes del sector, para obtener así profesionales versátiles que tengan una inserción laboral lo más rápida y exitosa posible.

“Todo esto siguiendo unos valores que creemos positivos para la sociedad, como la disciplina, la ilusión, el esfuerzo, la humildad, la generosidad y, sobre todo, la PASIÓN. Siguiendo esta filosofía y forma de trabajo, los objetivos de este año son mejorar la fiabilidad del coche y tener una buena documentación para poder implementar mejoras en los futuros monoplazas. Para conseguir nuestros objetivos, tenemos la gran suerte de tener a muchas empresas que nos dan apoyo y nos ayudan a llegar donde queremos. Nos gustaría agradecerle su apoyo incondicional incluso en los momentos más difíciles de la temporada, ya que sin ellos no seríamos nadie”, expresan.

Contacto del equipo

Ona Folch, Chief de Marketing y Media; e-mail: mk.eebe.etechracing@upc.edu
 Pol Lezcano, Chief Management; e-mail: tl.eebe.etechracing@upc.edu



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

MotoSpirit ESEIAAT

Escuela Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa.
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

MotoSpirit se creó en el año 2012 para diseñar y fabricar una motocicleta de competición, y participó en la MotoStudent Petrol. De cara a la siguiente edición, se decidió trabajar sobre una motocicleta 100% eléctrica, y obtuvo el primer puesto en la carrera final de MotoStudent, además de conseguir también la vuelta más rápida y la *poleposition*, por lo que quedó en segundo lugar en la clasificación general de MotoStudent Electric.

Sin embargo, en la tercera edición, no le fue tan bien al equipo, "ya que tuvimos problemas con la batería en la competición de MotorLand, que se reflejaron en la carrera final, pues no la pudimos acabar", explican.

En la cuarta y última edición hasta la fecha, les sucedió algo similar a lo ocurrido en la tercera edición, donde solo se pudo correr hasta las calificaciones, con la quinceava posición. En lo que respecta a la cuarta edición, MotoSpirit Electric está "estructurando el equipo de una manera mucho más eficiente y rigurosa, con el objetivo de lograr estar en los puestos altos de la competición", afirman.

Palmarés obtenido en la competición

Temporada 2014-2016:

- 1ª posición en carrera (MS2).
- 2ª posición en la clasificación general.

Innovaciones tecnológicas

Entre las innovaciones del equipo MotoSpirit ESEIAAT destacan las siguientes:

- Sistema de refrigeración con entradas de aire frontales hacia el motor situado cerca de las rodillas del piloto (detrás de la batería y encima de la caja de cambios).
- En las cuatro motos eléctricas se ha utilizado caja de cambios, algo poco común en motos eléctricas de competición.



El equipo MotoSpirit ESEIAAT con sus prototipos.

Patrocinadores actuales

Enginyers BCN (Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona).

TE connectivity, Circutor, Epidor, Click up, Hioki, Alterity, Is Motive, Delgar, Pissmec, Galfer, Altair, Inspire, Ajuntament de Terrassa, Moto1pro, Henkel, Asorcad, Jom, Puig, ISB Bearings, Winkle, Norem, Kvaser, Bcircular, Böllhoff, Flubetech.

Estructura y miembros del equipo de competición

El departamento eléctrico del equipo está formado por las siguientes personas: Albert Liria Guillamón, Lucas Manso Bagnara y Nil Raich Fuster.

El departamento mecánico cuenta con el siguiente equipo: Carlos Galeote Gómez, Bernat Ros Romero, Bruno Martínez Alemany y Biel Rosell Jansat.

El departamento carenado está formado por Andrea Sánchez Vera y Pau Tusell Tresserras.

El equipo cuenta también con un Departamento de marketing, integrado por 3 personas: Andrea Sánchez Vera, Pau Tusell Tresserras y Biel Rosell Jansat.

Por último, el departamento de transmisión cuenta con Bruno Martínez Alemany.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Como el propio equipo señala, "ahora estamos trabajando muy duro para llegar a ganar la competición de MotoStudent Electric, que se celebrará en octubre de 2023, en MotorLand. Este es nuestro objetivo principal: quedar en la mejor posición posible, tanto en la fase de entregas que tenemos que ir redactando, según vayamos diseñando y fabricando la moto (ms1), como en la fase de circuito (ms2), pruebas de aceleración, frenada y agilidad; las cualificaciones y la gran carrera. Para ello estamos desarrollando mejoras tanto en el sistema eléctrico como en el diseño de piezas mecánicas de la nue-



El equipo MotoSpirit ESEIAAT en plena competición de MotoStudent.



va motocicleta. La visión de futuro del equipo es muy ambiciosa: ser el mejor equipo de la VII edición de MotoStudent Electric”.

Team leader (jefe de equipo)

MotoSpirit ya va por la cuarta edición en el diseño y fabricación de una motocicleta 100% eléctrica, por lo que tiene experiencia en el sector, y esto hace que los conocimientos básicos del sistema eléctrico se lleguen a comprender más rápido; hecho que agiliza el aprendizaje y les proporciona tiempo suficiente para implementar mejoras en él.

“Para el equipo es una gran motivación saber que en la primera edición en la que competió, en la categoría eléctrica, pudo ganar a pesar de no tener experiencia en el sector, por lo que sabemos que trabajando muy duro se puede ganar. Por otra parte, tenemos que agradecer, a día de hoy, a patrocinadores como Circutor, que nos ayuda y nos deja sus instalaciones para hacer pruebas de carga y descarga de la batería y a TE Connectivity, que nos proporciona el material necesario para implementar el sistema eléctrico en la motocicleta. También, entre otros, a Galfer, que nos ha proporcionado todas las piezas necesarias para nuestro sistema de frenos, excepto las pinzas, que han sido proporcionadas por MotoStudent”, indica el equipo.

Contacto del equipo

Team Leader: Sergi Parramon, e-mail: sergi.parramon@estudiantat.upc.edu.

E-mail del equipo MotoSpirit ESEIAAT: motospirit.upc@gmail.com.



ePowered RACING

Escuela de Ingeniería de Barcelona Este (EEBE). Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio promotor:

ENGINEERS BCN



Historia del equipo

ePowered RACING se fundó en febrero de 2015, cuando un grupo de estudiantes de la EEBE - UPC apasionados por el mundo del motor decidieron empezar su propio proyecto, el de diseñar y fabricar una motocicleta eléctrica de competición.

Después de un periodo de estructuración y captación de recursos, el equipo desarrolló en 7 meses, y utilizando un chasis comercial como base, su primer prototipo, la ePR00. Sin embargo, dada la juventud del equipo, se creyó indispensable crear una base técnica sólida antes de empezar a competir, motivo por el cual la ePR00 nunca llegó a participar en ninguna competición.

En 2017, el equipo se inscribió en la V edición de MotoStudent, con el objetivo de aplicar todos los conocimientos y la experiencia adquiridos anteriormente para desarrollar un prototipo que pudiera competir con las mejores garantías posibles, la ePR01.

A principios de 2019, se decidió volver a participar en MotoStudent Electric, con el objetivo de solucionar los problemas que habían ido surgiendo y disponer así de un prototipo mucho más fiable que el anterior, la ePR02.

A pesar de las dificultades que han aparecido estos dos últimos años, el equipo finalizó el proyecto y pudo participar en el evento final de la VI edición de MotoStudent, que se celebró en julio de 2021.

Palmarés obtenido en la competición

ePowered RACING ha participado en las dos últimas ediciones de MotoStudent Electric:

- **V Edición (2018):** el equipo participó con la ePR01 y consiguió la 6ª posición en la clasificación general (sobre un total de 25 equipos) y la 4ª de España, en su primera participación. También desta-



El equipo ePowered RACING con su prototipo.

can las 4ª posiciones en las pruebas de Gymkhana y velocidad máxima, así como la 3ª en la sesión de clasificación.

- **VI Edición (2021):** en esta ocasión participó la ePR02 y consiguió la 9ª posición en la clasificación general (de un total de 46 equipos) y la 4ª de España. Asimismo, destaca la 3ª posición en la prueba de aceleración.

Innovaciones tecnológicas

Para poder desarrollar una motocicleta de competición 100% eléctrica, el equipo ha tenido que utilizar todo el ingenio de sus miembros y así superar los diferentes retos a los que se ha enfrentado. Seguramente podríamos destacar el BMS (Battery Management System) y la caja de cambios, ambos de diseño propio, como algunos de los proyectos más ambiciosos del equipo, sin embargo, la principal innovación que ha presentado ePowered RACING es el sistema de suspensión transversal.

Para poder desarrollar una motocicleta de competición 100% eléctrica, el equipo ha tenido que utilizar todo el ingenio de sus miembros y así superar los diferentes retos a los que se ha enfrentado. "Seguramente podríamos

destacar el BMS (Battery Management System) y la caja de cambios, ambos de diseño propio, como algunos de los proyectos más ambiciosos del equipo; sin embargo, la principal innovación que ha presentado ePowered RACING es el sistema de suspensión transversal", explica el equipo.

La idea ya es utilizada en algunas motocicletas actuales, aunque la mayoría son poco conocidas y el sistema muy poco común. Por este motivo, se tuvo que perfeccionar y adaptar para conseguir que fuese 100% funcional en su motocicleta. Algunas de sus principales ventajas son las siguientes:

- **Mejor uso del espacio:** el amortiguador se coloca en una zona que, "a priori", se encuentra vacía, por lo que se puede aprovechar el espacio típicamente utilizado por el amortiguador vertical para otros fines. Esta característica es esencial, ya que el battery pack de una motocicleta eléctrica ocupa mucho espacio y este sistema garantiza el tener una zona libre extra.

- **Cambio de las bieletas:** elemento mecánico encargado de transformar el movimiento vertical de la rueda al horizontal que absorbe el amortiguador.



El prototipo del equipo ePowered RACING en plena competición.

Cambiar esta pieza permite al equipo disponer de diferentes configuraciones con las que ajustar la suspensión trasera a la perfección.

- **Longitud de los tirantes:** elementos que conectan las bieletas con el basculante. Cambiar su longitud les permite modificar el ángulo de basculante y presentar diferentes set-ups con los que trabajar.

Patrocinadores actuales

El equipo indica que durante la última temporada han tenido el apoyo de más de 50 empresas del sector, entre las que señalan a Bultaco Racing, Würth Elektronik o Tungaloy Ibérica. Además, en alguna ocasión han contado también con el patrocinio de Enginyers BCN (Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona).

Estructura y miembros del equipo de competición

En la actualidad, el equipo ePowered RACING está formado por 15 miembros, que se distribuyen en 3 departamentos diferentes: mecánico, eléctrico/electrónico y marketing.

El responsable del equipo es el team leader, aunque cada departamento está dirigido por un *chief* diferente:

- Ferran Algué Cases Team Leader + Eléctrico/Electrónico (Sensórica y análisis de datos).
- Sergi Lorente de Sanz Chief Marketing + Mecánico (Caja de cambios).
- Marc Barcons Planas Chief Mecánico + Mecánico (Caja de cambios).
- Baldiri Gassó Riba Chief Eléctrico/Electrónico + Eléctrico/Electrónico (BMS).

Departamento Mecánico

- Pere Calzada Ribes Chasis.
- Josep Borràs Pino Chasis.
- Marc Casado Vázquez Basculante + Marketing (Redes sociales).
- Joel Peris Miró Basculante + Marketing (Publicidad).
- Nuria Zhi Vidal Marti Composites + Marketing (Redes sociales).

Departamento Eléctrico / Electrónico

- Àlex Puchalt Vidal ECU e Inversor + Mecánico (Battery Pack).
- Jimmy Quispe Gabriel Inversor.
- Josep Francesc Aguilar Peña Battery Pack + Marketing (Diseño gráfico).
- Mònica Laplana Espeleta BMS.
- David Del Olmo Rodríguez BMS + Marketing (Redes sociales).
- Zakaria Moussaoui Hajji Dashboard + Marketing (Página Web).

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El principal proyecto que tenemos en mente es participar en la VII Edición de MotoStudent, que se celebrará en MotorLand Aragón en el otoño del 2023. El equipo pretende presentar un prototipo más ligero y rápido que el actual, con el que seguir compitiendo contra los mejores equipos. "Sin embargo, la eficacia, la fiabilidad y el encaje económico dentro de nuestro presupuesto son características esenciales que deberemos tener en cuenta para que el proyecto pueda prosperar correctamente. Por estos motivos, el equipo lleva un par de meses formándose para empezar con el desarrollo de la ePR03 con las mejores garantías posibles", explica el equipo.

Y añaden: "Por otro lado, también que-

remos seguir compitiendo con la ePR02, la motocicleta de la temporada pasada, ya que consideramos que es esencial para seguir aprendiendo las facetas más prácticas del proyecto. Al mismo tiempo, también nos interesa recoger datos y probar diferentes configuraciones que nos permitan sacar conclusiones sobre el funcionamiento del prototipo, con el objetivo de seguir mejorando en vista a la siguiente temporada".

Por este motivo, el equipo participará en la Wójcik Electric Race, una competición de motos eléctricas, que se celebrará el próximo mes de mayo en el circuito de Tor Pozna, Polonia. El evento estará formado por dos carreras, dos sesiones de clasificación y diferentes pruebas dinámicas que les permitirán seguir poniendo a prueba la ePR02.

Team leader (jefe de equipo)

ePowered RACING es una asociación formada por 15 estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Barcelona Este (EEBE) de la Universitat Politècnica de Catalunya. Su objetivo principal es desarrollar una motocicleta de competición 100% eléctrica y ponerla a prueba en la competición internacional "MotoStudent Electric".

La competición representa un desafío en el que desarrollar la creatividad y la innovación de un joven grupo de ingenieros, que pretende ampliar sus conocimientos y ponerse a prueba mediante un proyecto industrial real. Al mismo tiempo, "el equipo centra todos sus esfuerzos en potenciar la movilidad eléctrica, ya que se considera que es una energía limpia, renovable y con mucho potencial, aunque todavía hay una parte de la población muy crítica con el cambio", afirma el equipo.

ePowered RACING pretende ser el nexo de unión entre todas estas empresas y la propia Universitat Politècnica de Catalunya, reconocida como una institución de excelencia en el ámbito de la ingeniería. Asimismo, el equipo se convierte en una referencia para los estudiantes recién graduados y altamente especializados en el sector del motociclismo y de la ingeniería, en general. Finalmente, el equipo pretende promocionar la marca de los patrocinadores a través de las redes sociales, la página web, el carenado de la motocicleta, etc.

Contacto del equipo

Team leader: Ferran Algué Cases; e-mail: eebe.epoweredracing@upc.edu



EUSS Motorsport

Escola Universitaria Salesiana de Sarrià (EUSS), Barcelona.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): **fuel**.

Colegio promotor:

ENGINEERS BCN



Historia del equipo

El equipo EUSS Motorsport se fundó en 2017, a partir de la ilusión de los fundadores. El equipo lleva en funcionamiento 5 años y ha tenido un gran recorrido, durante el cual se han fabricado 3 monoplazas: EM-01, EM-02 y EM-03. A lo largo de su trayectoria, EUSS Motorsport ha participado en las competiciones de FSS (Formula Student Spain, Montmeló), ATA (Formula Student Italy) y en FSA (Formula Student Austria, Red Bull Ring).

Palmarés obtenido en la competición

En las competiciones de la temporada 2020/2021, el equipo obtuvo los siguientes resultados:

- En **FSA (Red Bull Ring)** logró la posición 18 de 27, en el ámbito de combustión, y tuvo una destacada participación en las pruebas de:

- a) Skidpad: el equipo obtuvo el puesto nº 10, haciendo un tiempo de 5,373 segundos.

- b) Acceleration: consiguió el puesto número 15, haciendo un tiempo de 5,053 segundos.

- c) Cost: logró el puesto 17 de 27, en la parte estática del cost.

- En **FSS (Circuit de Catalunya)** consiguió la posición 12 de 17, y destacó en la prueba de "Desing", en la que obtuvo el puesto nº 7, con 67 puntos en el circuito de Montmeló.

- En 2019, EUSS Motorsport quedó en primer lugar, entre todos los equipos catalanes, y en 4º puesto en la clasificación general (resto de equipos).

En principio, en esta nueva temporada, EUSS Motorsport no tiene previsto participar en ninguna competición, debido a que se ha realizado un cambio a nivel interno del equipo.

Innovaciones tecnológicas

Las innovaciones tecnológicas más destacadas que se llevaron a cabo en la tem-



Los miembros del equipo EUSS Motorsport posan junto a su prototipo.

porada 2020/2021 fueron las siguientes:

- Volantes personalizados para cada piloto. El volante constaba de un *core* común y una personalización del agarre del volante hecho con termoplástico.
- Moldes de los asientos personalizados hechos de poliuretano para mejorar la ergonomía.
- Implementación del polímero reforzado de carbono (CFRP) para la carrocería.
- Se pasó de una transmisión por eje rígido a una transmisión por diferencial (LSD).
- Uso de la impresión SLS para la fabricación del airbox.

Patrocinadores actuales

Esta nueva temporada, debido al cambio que el equipo quiere hacer, se está contando con la ayuda de algunos patrocinadores y buscando otros nuevos, que puedan ayudar al equipo con el nuevo cambio.

La temporada pasada, el equipo contó con la ayuda de General Adhesivos, Autel, EUSS, Airtex, Circuit de Catalunya, Goodridge, GT2i, Mahle, Proto&Go, Randrade, Tormetal, Web Innovo, Balsells, Car-Tec, ItalDesign, SKF, Altair, AVL, Alunid, Escapes RM, GPU, HAAS, Mause, Ollé, Ma-

thWorks, RapidHarness, Simscale, PBR, y Simulaciones y proyectos.

Estructura y miembros del equipo de competición

La estructura del equipo EUSS Motorsport es la siguiente:

- **Director general:** Rubén Puértolas.
- **Director técnico:** Víctor Cándido.
- **Coordinador Aerodinámica:** Marc Marsellach.
Miembros: Alejandro Rubio, Gabriel Piñana, Gabriel Predescu.
- **Coordinador Chasis:** Rafael Rosende.
Miembros: Joel Duran, Alex Rosa, Chloe Jarolavski, Lucia Clotet.
- **Coordinador Dinámica:** Carles Hereu.
Miembros: Lluís Marqués, César Arauzo, Ferran Martí
- **Coordinador electrónica:** Maripaz Chércoles.
Miembros: Agustín Sevil, Marc Gera.
- **Coordinador Power Train:** Albert Pujol.
Miembros: Joan Andreu, Alex González, Jesús Rubio, Marina Angulo.
- **Directora Operaciones:** Andrea Montoro.
Miembros: Alicia Camp, Enric Hidalgo, Maialen Gutiérrez, Ainoa Sánchez, Gemma Coma.



Prototipo del equipo EUSS Motorsport en la competición.



- **Directora de Comunicación:** Sonia Torres.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

La temporada 2021/2022 será en la que el equipo vivirá un cambio generacional. Los integrantes del equipo con más experiencia dejarán el relevo en manos de las nuevas generaciones. Debido a este cambio, se ha querido aprovechar para hacer modificaciones en muchos sentidos, a nivel de gestión, procesos... Pero el cambio más significativo será en powertrain, donde se pasará de motor de combustión a eléctrico.

Esta nueva temporada servirá para realizar un estudio completo de todo lo que conlleva el diseño y la fabricación de

un monoplaza eléctrico. El equipo tiene previsto poder competir en el verano de 2023 con el coche modificado.

“A nivel interno es un cambio que se ha tomado con mucho optimismo y mucho interés de aprender sobre un tema del que nunca se ha hecho ningún estudio, y que es algo totalmente nuevo y un gran reto para EUSS Motorsport. Actualmente, en una de las áreas donde se le ha dado más importancia ha sido en el área de comunicación, ya que, como las necesidades de los materiales han cambiado, se están buscando nuevos patrocinadores que puedan ayudar al equipo”, señalan.

Team leader (jefe de equipo)

“La temporada 2020/2021 se ha presentado como una temporada plagada de al-

tibajos para el equipo EUSS Motorsport. Tras la complicada situación provocada por la pandemia del Covid-19, el equipo pudo competir con el coche que se construyó durante ese periodo. Desde el estallido de la pandemia, el reto de Formula Student se incrementó por las dificultades en la gestión del trabajo y, sobre todo, en la de los recursos disponibles”, explica el team leader del equipo, Víctor Cándido.

“Ante todo, el coche fue fabricado en el plazo esperado gracias a la colaboración estrecha con los patrocinadores del equipo, y pudo competir en FSA, Red Bull Ring y FSS, Circuit de Montmeló”, indica. En dichas competiciones, el equipo logró superar de manera significativa la mayoría de objetivos que fueron planteados al inicio de la temporada, destacando el resultado obtenido en las pruebas de eficiencia, endurance y autocross; y llegando incluso a obtener el segundo puesto en la primera de ellas. Por contraposición, el rendimiento en la competición de FSS no fue el esperado, debido a los múltiples problemas mecánicos que se produjeron en el sistema de frenos.

Tras la temporada y con los problemas detectados, el equipo EUSS Motorsport afronta el futuro con optimismo de saber que es capaz de competir al máximo nivel, tal y como se pudo comprobar en terreno austriaco. La temporada 2021/2022 será una etapa de transición para el equipo: “Debido a que se llevará a cabo un relevo generacional, en el que las personas con más experiencia y años dejan su conocimiento al alcance de las nuevas generaciones para que lleven el equipo a un nivel superior”.

En este nivel, a su vez, se contempla evolucionar el sistema de powertrain del coche, dejando atrás el motor de combustión interna para adoptar la electrificación. “El objetivo del equipo es claro, mantener el nivel de competitividad en pista con el nuevo sistema motoriz y poder competir en la nueva categoría en el verano de 2023. Por este motivo, actualmente, el equipo está volcado en la búsqueda de patrocinadores para el nuevo proyecto”, concluye Víctor Cándido.

Contacto del equipo

EUSS Motorsport; e-mail: eussmotorsport@campus.euss.org



UBURACING

Universidad de Burgos.

Competición en la que participa: **MotoStudent**

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo MotoStudent de la Universidad de Burgos, UBU-Racing, se forma para participar en la Competición MotoStudent en sus diferentes ediciones. El objetivo de este equipo es dar la oportunidad a los alumnos de esta Universidad de participar en esta competición de ingeniería, que involucra el desarrollo de aspectos tanto técnicos como de carácter personal.

Los alumnos miembros del equipo se renuevan para cada edición. Entran a formar parte del equipo alumnos de grados de diferentes especialidades: Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Grado en Ingeniería en Organización Industrial, Máster en Ingeniería Industrial, y Grado en Comunicación Audiovisual, entre otros.

El equipo de la Universidad de Burgos ha participado en cinco de las seis ediciones de esta competición, obteniendo buenas clasificaciones dentro del ranking. En concreto, ha participado cuatro veces en la categoría Petrol y dos veces en la categoría Electric.

Los alumnos integran su participación, dentro de su currículum académico, con la realización de Trabajos Fin de Grado y de Máster dentro del equipo MotoStudent de la Universidad de Burgos.

Palmarés obtenido en la competición

El palmarés obtenido por el equipo UBURACING es el siguiente:

Motostudent I (2009-2010): 5º puesto categoría MS1 Petrol.

Motostudent III (2013-2014): 3º puesto categoría MS2 Petrol.

Motostudent IV- 2015-2016- 11º puesto categoría MS2 Petrol y 9º puesto categoría MS2 Electric. Motostudent V (2017-2018): 12º puesto categoría MS1 Petrol y 9º puesto categoría MS2 Electric.



El equipo UBURACING junto a su prototipo.

Motostudent VI (2019-2020): 12º puesto categoría MS2 Electric.

Innovaciones tecnológicas

Dentro de los diseños realizados, se han integrado desarrollos de diferentes conceptos de chasis de doble viga, y tubulares y basculantes, incluyendo diseños realizados a partir de chapa de acero plegada y soldada, chapa de aluminio plegada y soldada, corte por láser y soldadura de tubo de acero de alto límite elástico, además de elementos 3D mecanizados e integrados dentro del conjunto chasis-basculante.

Patrocinadores actuales

Entre los patrocinadores actuales del equipo, se encuentra el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Burgos (COGITIBU), así como la Universidad Burgos, el Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL), y las siguientes empresas: HIPERBARIC S.A., ALTAIR S. A., Mecanizados Serrano S.L., Clarios, Rodabur, Repuestos Viper, Talleres Marcos, Roycha, Ferrinox, Grupo Ureta, Ismel S.A., Todo Auto, La Brújula S.L., Maquinaria y Motos MG, BrutePower, Dyrtech, y otros muchos colaboradores.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo UBURACING se estructura en diversos departamentos, al frente de los cuales se encuentran los siguientes responsables:

Sergio Arribas Bravo (Team Leader).

Adrián Marcos Batlle (Programación controlador).

Yeray Pescador Calleja (Patrocinadores).

Alvar Gutiérrez Villa (Electrónica).

Francisco José Sardón Ruiz (Electrónica).

Rodrigo González Miguel (Diseño de chasis).

Elia de Abajo Pérez (Página web).

Daniel Brown Sogorb (Redes sociales).

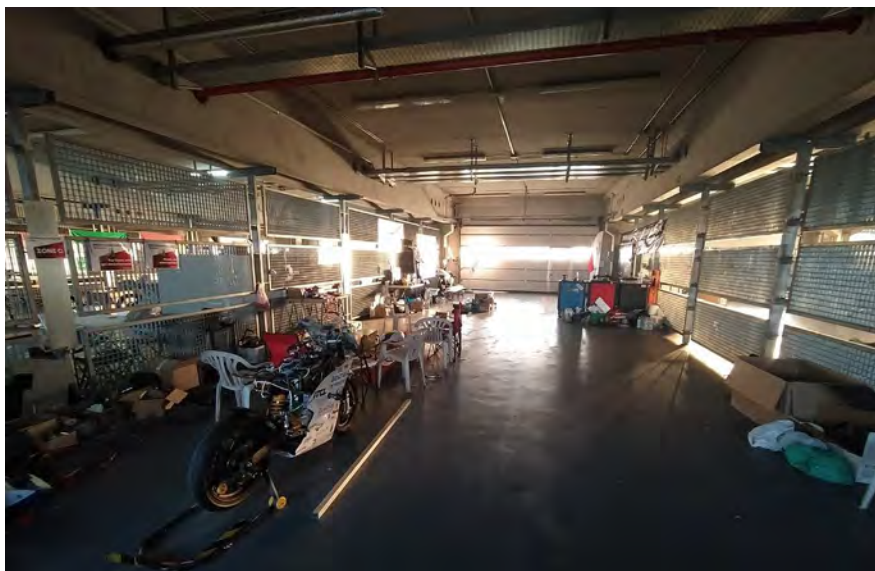
Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El próximo reto del equipo es participar en la VII edición de la Competición MotoStudent, en la categoría "Electric". Pero no es el único, ya que hay otros retos importantes para UBURACING.

Cuando se inicia la participación en una nueva edición es necesario integrar a los nuevos participantes dentro del



El prototipo del equipo UBURACING en plena competición.



equipo, darles la bienvenida y transmitir en la medida de lo posible el conocimiento adquirido en anteriores ediciones. Por ello, “se pretende consolidar el equipo, confiriéndole entidad propia dentro de la Universidad y aportar mayor visibilidad al mismo”, señalan.

Se utilizará el prototipo de la edición anterior como medio de publicitación, y como punto de partida para el diseño del prototipo para la nueva edición, utilizando

sus puntos fuertes y tratando de mejorar los puntos débiles o menos trabajados en la edición anterior. Es el medio para transmitir y documentar todo lo aprendido y mantener el conocimiento dentro del equipo, de cara al futuro.

Team leader (jefe de equipo)

“La idea de este año es realizar una buena planificación y organización desde el comienzo del proyecto, generando una

gran visibilidad del mismo, utilizando los recursos y el proyecto del año anterior. En este sentido, se realizará una selección de los miembros del equipo, así como una asignación de roles y tareas para cumplir, las cuales tendrán que ser expuestas de forma periódica para la correcta evolución del proyecto”, explica el equipo.

A continuación, el equipo comenzará con la búsqueda de patrocinadores de forma activa, cuidando la participación de los mismos en el proyecto, y se transmitirá el conocimiento y los recursos disponibles, al finalizar la edición actual, al equipo que se forme para la siguiente edición. “Para lograr todo lo anterior, utilizaremos el prototipo de la edición anterior, que podemos mostrar en distintos eventos y a las empresas, para dar valor y visibilidad al proyecto, y que las diversas empresas y entidades empiecen a creer en un proyecto realizado por el trabajo del talento que reside en la ciudad de Burgos”, afirman.

Contacto del equipo

Representante del equipo: Yeray Pescador; e-mail: ypescador@ubu.es

Tutor del equipo: Pedro Miguel Bravo; e-mail: pmbravo@ubu.es



UnexMotorsport

Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Extremadura.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo se fundó en 2018, y contaba con alrededor de 50 miembros en ese año. “Desde que se inició nuestro proyecto, hemos participado en numerosos eventos para dar visibilidad a lo que hacemos, y hemos realizado eventos propios con el mismo fin. Contamos con algunas empresas de Extremadura que nos apoyan, y con la cesión de un espacio como lugar de trabajo y reuniones proporcionado por nuestra universidad”, explica el equipo.

En estos momentos, está desarrollando su monoplaza y participando en eventos para seguir adelante, ya que se el equipo se encuentra en la fase del proyecto “y con muchas ganas de terminarlo para viajar a la competición”.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo UnexMotorsport se prepara para participar este año por primera vez en la competición.

Innovaciones tecnológicas

Las principales innovaciones tecnológicas que ha llevado a cabo el equipo son las siguientes:

- Volante impreso en 3D de material PLA biodegradable.
- Sensores electrónicos para control de los diferentes sistemas del monoplaza.
- Telemetría.

Patrocinadores actuales

En la actualidad, el equipo UnexMotorsport cuenta con el apoyo de empresas como Crispat, CNAT, Grúas Eugenio, Ferretería Ángel, Milwaukee Tool, Solidworks, EAMM Motorsport, y Sunoco, así como del Ayuntamiento de Badajoz y de Escuela de Ingenierías Industriales, que les cede un lugar de trabajo.

Además, este año ha comenzado a patrocinar el equipo el Consejo Extremeño de la Ingeniería Técnica Industrial (CEXITI).



Equipo UnexMotorsport al completo.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo UnexMotorsport se estructura a través de diversos departamentos:

- Director General: Antonio Ángel Laguna Cedeño.
- Director del departamento de Comunicación y Reglamento: Jorge Salguero Fernández.
- Director del departamento de Aerodinámica y Chasis: Fernando Ramos Delgado.
- Director del departamento de Propulsión: José Álvarez Espada.
- Director del departamento de Dinámica: Daniel Mateos Bravo.
- Director del departamento de Electrónica: Antonio José Castilla Castanho.

Cada departamento se encarga de efectuar las actividades específicas para realizar el proyecto completo. Además, el equipo está formado unos 40 miembros aproximadamente.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

La visión de futuro del equipo es que el proyecto continúe a largo plazo, además de fomentar la investigación y el desarro-

llo de medidas sostenibles aplicadas al automovilismo. Si es posible, el equipo también contempla pasar de un monoplaza de combustión a un monoplaza eléctrico, así como implementar mejores tecnologías y materiales más competitivos.

Team leader (jefe de equipo)

El equipo UnexMotorsport, de la Universidad de Extremadura, es el primer equipo extremeño de Formula Student. Como el propio equipo explica, se trata de una competición internacional, “en la que participan miles de alumnos de ingeniería de todo el mundo, mediante la creación de un verdadero equipo de carreras a escala. Desde la construcción del monoplaza, que participa en las diferentes pruebas, hasta la organización de los diferentes departamentos, todo es realizado por estudiantes de primer a último curso de ingeniería”.

El fin de la Formula Student es presentar una salida más práctica y tangible a los conocimientos teóricos adquiridos durante los diferentes grados de ingeniería industrial, aplicándolos a un entorno real de competición y reforzando competencias transversales, como el trabajo en equipo, la organización, la creatividad, la



Miembros del equipo UnexMotorsport muestran la fase de fabricación de su prototipo.



iniciativa y la disciplina, todas ellas consideradas como importantes en las empresas actualmente.

“Estas competencias nos enseñan tanto a utilizar programas de relevancia en algunas empresas, como a dirigir y gestionar un proyecto, trabajar en equipo y comunicarse con compañeros para sa-

car un hito en el proyecto. Todo desde un lugar de trabajo seguro y tranquilo, con motivación y respeto por todos los compañeros”, señalan.

La prueba de Formula Student, a nivel nacional, se celebra en el Circuito de Barcelona-Cataluña el próximo mes de agosto, y participar en ella es el objetivo

principal del equipo a corto plazo. “Nuestro vehículo se ha diseñado y fabricado con filosofía ESG (environmental, social, governance), aunque al ser nuestro primer coche y estar condicionados por hacer las cosas fáciles, siempre llevamos con nosotros el pensamiento de cuidar el medio ambiente. Por ello, la mayor parte de nuestro coche está compuesta por aceros y aluminios, materiales que se pueden reciclar al 100%. También, a la hora de fabricar el chasis y demás componentes soldados al chasis, lo hemos hecho sin usar maderas ni plásticos, solamente con cuerdas y cartones que iban a desecharse”, explican.

Otras partes del coche que tienen que ser de materiales poliméricos, como el volante o el cuadro, se fabricarán de PLA, un material biodegradable, que serían imprimidos en 3D. “Por otro lado, tanto el motor como cualquier parte del coche, una vez hayan hecho su función, tenemos intención de venderlos a otros equipos, utilizarlos en modelos de coche posteriores o reciclarlos debidamente, pues al estar en la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz, y en lo que respecta a la gestión de residuos, tenemos la facilidad y la obligación de hacerlo debidamente con cada residuo que generamos”, afirman.

En estos momentos, el equipo se encuentra en la fase media del proyecto, “pues ya llevamos bastantes avances, tanto a nivel de construcción del monoplaza como a nivel de proyectos ingenieriles para su construcción”, destacan.

Por ello, el equipo sigue buscando patrocinadores que les apoyen en este camino. “Contamos con el apoyo de Crispit, CNAT, Grúas Eugenio, Ayuntamiento de Badajoz, Ferretería Ángel, Milwaukee Tool, Solidworks, EAMM Motorsport, Sunoco y la Escuela de Ingenierías Industriales que nos cede un lugar de trabajo. Además de todas éstas, continuamos con la búsqueda de patrocinadores que nos ayuden a continuar con nuestro proyecto, y nos gustaría dirigirnos a ellos para comunicarles que es una buena oportunidad para colaborar con el talento joven y la innovación en proyectos sostenibles, que en un futuro cercano permitirán que nuestro mundo sea un lugar mejor”, concluyen.

Contacto del equipo

Director General: Antonio Ángel Laguna Cedeño, e-mail: alagunac@alumnos.unex.es; marketing@unexmotorsport.com



Universidad
de Cádiz

Escuela Superior
de Ingeniería

EICA Racing Team

Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Cádiz.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo EICA Racing Team surge en 2018, promovido por la pasión e ilusión de un grupo de estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Cádiz (UCA), por el mundo de la competición. El objetivo es participar en la VI Competición de MotoStudent, competición internacional desarrollada en el período de 2019-2021, que brinda la oportunidad real a los estudiantes de diseñar y fabricar una motocicleta de 250 cc, poniendo a prueba su creatividad y habilidad innovadora.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo EICA Racing Team ha participado en la VI Competición de MotoStudent, y actualmente tiene la intención de participar en la VII Competición de MotoStudent.

En 2021, el equipo participó en la categoría de MotoStudent Petrol contra 44 equipos de 17 países distintos, y más de 70 universidades pertenecientes a España, Italia, India, Polonia, Canadá, Brasil, México, Suiza, etc. La competición tuvo lugar en el circuito Motorland Aragón (Alcañiz, Teruel) durante 4 días.

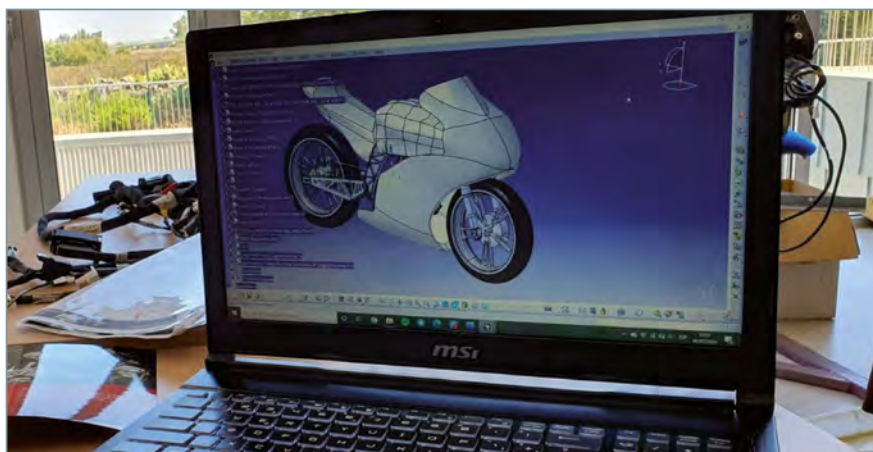
En la fase MS1, donde se evalúa el diseño, desarrollo y fabricación del prototipo (motocicleta de carreras), el equipo ha conseguido la siguiente valoración:

- MS1 Best Innovation - Posición 29.
- MS1 Best Project - Posición 26.
- MS1 Best Design - Posición 29.

En cuanto a la fase MS2, que evalúa la motocicleta desde el punto de vista del diseño y comportamiento dinámico, no pudo llevarse a cabo debido a las diversas dificultades originadas por la situación de pandemia del SarS-Cov2, que impidieron que el prototipo no estuviese finalizado a tiempo.

Innovaciones tecnológicas

En pleno apogeo de la industria 4.0 y con la fabricación aditiva como uno de



Diseño, por ordenador, del prototipo del equipo EICA Racing Team.

los grandes protagonistas en esta nueva era de la industrialización, se ha encontrado más que innovador el hecho de poder contar con una pieza con un desarrollo importante en la seguridad del piloto, usando materiales y herramientas al alcance de todos, tal y como podría ser una impresora 3D y el material de plástico con el que fabricar la idea.

“Este método de fabricación ha sido posible realizarlo gracias a los análisis y experimentos llevados a cabo por el departamento de innovación, dando lugar a productos tan increíbles como la araña que será utilizada en la moto. Esta pieza es el elemento de unión de la cúpula del carenado al chasis de la motocicleta”, explica el equipo.

En su opinión, “si hacemos un estudio del mercado, encontramos que la mayoría de los soportes de carenado están fabricados de metal, principalmente de aluminio. Simplemente por esto, al comparar dos arañas iguales, pero siendo una de aluminio y la otra de plástico, debido a la densidad de ambos materiales, la de metal será más pesada que la de plástico. De esta forma, en el mercado actual los soportes suelen presentar un peso de entre 400-700 gramos aproximadamente,

siendo común 650 gramos, mientras que la pieza que el equipo está diseñando tendrá una masa de entre 100-200 gramos. Además, realiza su tarea holgadamente con un precio de creación inferior a los 16€ comparando este coste con los actuales en el mercado, que oscilan en unos 100€ para un producto de calidad y de última generación”, señalan.

Patrocinadores actuales

Entre los patrocinadores actuales, el equipo EICA Racing Team cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Cádiz, además del de diversas empresas como Fluidmecánica Sur, AMSX, Aerointer, Aerointer, Danisa Rodamientos, y de la propia Escuela Superior de Ingeniería (ESI) y la Universidad de Cádiz (UCA).

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo se divide en diferentes departamentos (estructuras, aerodinámica, marketing, inyección, etc.), en los que se establecen diferentes jefes o responsables de los mismos, que supervisan el trabajo de los miembros que lo forman, y establecen reuniones periódicas de un modo indivi-



Miembros del equipo EICA Racing Team trabajan en su prototipo.



El prototipo del equipo EICA Racing Team en plena fabricación.

dual o colectivo con los demás departamentos, con el fin de que exista una buena coordinación entre ellos. A su vez, el equipo consta de dos *team leader*, encargados de que se cumplan los objetivos y las exigencias del proyecto, y cuenta con el respaldo de un tutor perteneciente al área de mecánica de fluidos.

El equipo está formado por las siguientes personas: José Manuel Seda Gutiérrez, Miguel Ángel Vilela Rivera, Luis Iglesias Aguilar, Miguel Ríos Gabaldón, M^a Pilar Amaya Sánchez, Cristóbal López Marín, Iván González Nieves, Javier Escamilla Juberá y Antonio Ángel Patricio García.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo EICA Racing Team sigue orientando su actividad a seguir evolucionando y desarrollando motocicletas, y tiene por objetivo "la implementación de nuevas mejoras encaminadas hacia la excelencia, apostando por potenciar el desarrollo profesional de cada uno de los integrantes y la calidad de su trabajo, y siendo el grado de especialización obtenido gracias a esta experiencia muy elevada en este sector", expresa el equipo.

Además de participar en el campeonato de universidades (MotoStudent), EICA Racing quiere ampliar sus fronteras participando en campeonatos de nivel autonómico (Campeonato Andaluz de velocidad), nacional (Campeonato de España de SuperBike) e internacional (FIM CEV).

"No se pretende elaborar únicamente prototipos impulsados por motores de combustión, sino que se quiere crear también un prototipo de motocicleta eléctrica para participar en la competición de MotoStudent", afirma el equipo.

Team leader (jefe de equipo)

El equipo pretende ser autosuficiente, y disponer de un equipo logístico propio, de marketing, herramientas, etc., con la intención de participar con total libertad económica en los campeonatos anteriormente mencionados.

"En el ámbito industrial, se seguirá investigando, tanto en nuevas técnicas de fabricación, como en la elaboración de distintas piezas de los prototipos, con el fin de crear nuestro propio producto, seguir avanzando a nivel industrial y adaptándonos a los nuevos tipos de industrias futuras", indican.

En base a la experiencia adquirida, se desarrollarán soluciones técnicas aplicadas al mundo de la competición, en particular al de las dos ruedas. "El equipo se consolidará como una herramienta de servicio de transferencia de resultados al mundo empresarial, ofreciendo estudios tanto estructurales (desarrollo de chasis, basculantes y otros accesorios), como de adquisición de datos y gestión de motores, propiciando así la continuación de nuestro proyecto para siguientes generaciones y con el objetivo de que genere un retorno económico para nuestros patrocinadores", señalan.

Contacto del equipo

M^a del Pilar Amaya Sánchez (team leader); e-mail: pamaya97@gmail.com



Universidad
de Cádiz

Escuela Superior
de Ingeniería

Formula Gades

Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Cádiz.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo comenzó su andadura en abril de 2017, gracias a la realización de la I Jornada del Automóvil en la Universidad de Cádiz. En mayo comenzó a gestarse la asociación que conformaría el grueso del proyecto, y en abril de 2018 nació el equipo con el nombre que lo conocemos hoy día, y con más de 50 estudiantes en su primer año de creación.

En agosto de 2018, el equipo se presenta a las pruebas estáticas de la Formula Student Spain de ese año, en el circuito de Barcelona (Montmeló). Gracias a esta experiencia, en 2019 pudo nacer el primer monoplaza con nombre propio del equipo, el FG-01, que participó en las pruebas estáticas, y debido a problemas con la transmisión, el monoplaza no pudo rodar en las pruebas dinámicas. Un año más tarde, el equipo tuvo la ocasión de participar en las pruebas en el circuito de República Checa y en Barcelona, con un monoplaza más competitivo, donde obtuvo un cuarto puesto en el Business Plan.

En 2022, el equipo sigue trabajando, cambiando y mejorando, dispuesto a crear un nuevo monoplaza capaz de ponerse a la altura de grandes equipos en las pruebas dinámicas, y mejorar las puntuaciones de años anteriores.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo Formula Gades ha participado en las siguientes competiciones:

- Formula Student Spain (Barcelona).
- Formula Student Czech Republic (República Checa).
- Formula Student Netherlands (Países Bajos).

En cuanto al palmarés obtenido por el equipo Formula Gades, destaca un 4º puesto en el Business Plan Presentation, en la competición de Formula Student Spain de 2021.

Además, ha obtenido el Premio Consejo Social por la implicación social, y el



El equipo Formula Gades en la República Checa.

Premio aTRÉBT por el emprendimiento en Andalucía.

Innovaciones tecnológicas

El nuevo monoplaza de la temporada 2021-2022, denominado G22 – “Melkart” ha dado un gran salto de calidad y diseño, debido a las optimizaciones de peso en todos los componentes del monoplaza. El objetivo ha sido diseñar un monoplaza más ligero, pero sin comprometer a la seguridad de los componentes.

Todo el diseño del chasis se ha realizado teniendo en cuenta las medidas antropométricas de los pilotos. Para ello, se ha fabricado una estructura de madera regulable, que permite estudiar la ergonomía, pudiendo encontrar así la posición óptima que favorece la comodidad del piloto en un espacio tan reducido.

El vehículo cuenta con un sistema de dirección totalmente renovado de fibra de carbono, material muy ligero y resistente, permitiendo al piloto recibir un mejor feedback de la conducción, lo que le permite adaptarse mejor a cualquier situación.

Además, se ha implementado un nuevo paquete aerodinámico compuesto por

fondo plano, carrocería y laterales venturi, pensado para aumentar la carga aerodinámica (downforce) y bajar el centro de gravedad del monoplaza. El paquete aerodinámico está fabricado totalmente en fibra de carbono por los miembros del equipo, ya que se ha construido un autoclave que permitirá realizar el curado de dicha fibra.

La suspensión cuenta con 4 amortiguadores hechos completamente a medida, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos del monoplaza anterior, lo que permite una mayor velocidad de paso por curva y un mejor comportamiento del monoplaza en aceleración y frenada.

El año pasado se tuvieron muchos problemas con el cambio de marchas, y para esta temporada se ha trabajado fuertemente en diseñar un cambio electrónico controlado por la centralita del monoplaza. Asimismo, se ha logrado reducir drásticamente el tiempo de cambio de marcha, logrando una mayor manejabilidad del monoplaza.

Además, se ha programado un nuevo mapa motor que permite exprimir al máximo la capacidad de este, y al mismo tiempo es más personalizable para cada prueba de la competición.



Prototipo del equipo Formula Gades.

Con todo lo anterior se han logrado grandes mejoras en el G22 con respecto a la temporada pasada. “Así estamos a la vanguardia tecnológica e ingenieril de la Formula Student”, afirma el equipo.

Patrocinadores actuales

El equipo Formula Gades cuenta con el patrocinio del Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de Cádiz (COGITI Cádiz), además de los siguientes patrocinadores: Atridel, Circuito de Jerez, Guadalete motor, Macpherson Servicios Subacuáticos, Racing Miller, Usisa, Stayer, Facom, Altair, Dassault Systemes, Mecaprec, Cádiz Club de Fútbol, Patricia Perdomo Consultores, CODI, Norelem y Stanley Black & Decker.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Formula Gades se organiza en diversas secciones, como Powertrain, Dynamics, Electronics, Chassis, Aerodynamics, y Marketing. Cada sección está dirigida por un team manager, supervisados, a su vez, por el CTO. Todos ellos forman parte del equipo directivo de Formula Gades, formado a su vez por los siguientes miembros: Alberto Frías Ortega, Alejandro Fernández Ojeda, Álvaro Martos Ibáñez, Ana Benítez Olmo, Ana María De Juan Iglesias, Andrea de María Fernández Pérez, Ángel Marín López-Escobar, Beltrán Heidenreich Ortega, Carlos Moreno Muñoz, Carlos González Núñez, Celia Ortega Carpio, Daniel López López, Daniel Quetal Peinado,

David García Lebrato, Diego José Revilla Ceacero, Ernesto Rodríguez Benítez, Federico Núñez Rodríguez, Francisco Vera González, Francisco Javier Vanaclocha Casares, Francisco Tomás Ruz Jiménez, Gabriel Sanjuán Guzmán, Iñaki Tellaeché Herrera, Jaime Bernal Silva, Javier Zájara Crisol, Javier Muñoz Béjar, Jesús Lagares Galán, Jose Luis Colombo Delgado, Jose Manuel Barbosa García, José Manuel Otero Galán, Juan Jesus Toro Luna, Juan José Luna Serrano, Juan José Carnero Rueda, Juan José Rosado García, Liberto García Irún, Luis Juliá García, María Rodríguez Rodríguez, Marta Noelia Clavijo Vázquez, Milena Carrasco Pereira, Pablo Almonacid García-Galán, Pablo Civila de Dios, Pablo Velicias Barquín, Pablo Luis Aguilar Cairón, Patricia Gálvez Entrena, Rafael Parada Izquierdo, Raúl Ruiz Ortuño, Raúl Arcos Herrera, Samuel Utrera Salado, Sergio Fernández Corrales, Teresa Supervielle Sánchez.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo presenta una gran proyección para el 2022 y los años venideros. “Se está trabajando para crear sistemas con los que automatizar el trabajo y trabajar de forma más efectiva, así como aprovechar y refinar el conocimiento de años anteriores. Con esto, este año se prevé la posibilidad de competir en las pruebas estáticas y dinámicas de la Formula Student Czech Republic, Formula Student Netherlands y Formula Student Spain, para mejorar las puntuaciones del año anterior y escalar en el ranking mundial”, señala el equipo.

A su vez, se quiere refinar el monopla de combustión durante 1 o 2 años más para dar paso, e introducirse, en la categoría de eléctrico, y posteriormente, en *driverless*.

Team leader (jefe de equipo)

Formula Gades es un equipo de competición que está formado por medio centenar de alumnos de la Universidad de Cádiz. Los estudiantes diseñan y fabrican un monopla con el que compiten en los campeonatos de Formula Student, la competición universitaria de monoplazas más consolidada de toda Europa. En ella participan equipos de todo el mundo, con sedes en países como España, Reino Unido, Alemania, Italia o República Checa. La pasada temporada, a pesar de los problemas económicos que tuvo el equipo, lograron llevar el nombre de la Universidad de Cádiz y sus patrocinadores por toda Europa. El equipo participó en las competiciones de la República Checa y Barcelona. En esta última se logró un 4º puesto mundial en el plan de negocio, siendo el primer equipo de España, y logrando superar a prestigiosas universidades de todo el mundo que participan en esta competición internacional.

“Esta temporada, el objetivo es que el monopla sea muy competitivo y logre superar con creces las pruebas dinámicas. Para ello, el equipo necesita financiación. El mínimo para construir un monopla de Formula Student suele rondar por los 20.000€. Con la ayuda de los patrocinadores, el equipo puede reflejar el duro trabajo que se realiza cada temporada y fabricar un monopla muy competente que siguiera poniendo en el mapa mundial el talento que hay en España, forjando la apuesta por el talento, la tecnología y el desarrollo del país”, afirma el equipo.

“Se logra así dar un salto de calidad en la enseñanza de los estudiantes y elevar el prestigio de la Universidad de Cádiz. Por ello, sería un placer lograr apoyos para nuestro proyecto. A cambio, como organización, prometemos visibilidad, prestigio y otro tipo de beneficios por la colaboración. Además, nuestro fuerte vínculo con la Universidad de Cádiz convierte la apuesta en este proyecto consolidado en un valor seguro”, concluyen.

Contacto del equipo

Daniel López López; e-mail: direccion@formulagades.com

FS UCLM Racing Team

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Ciudad Real cuenta con equipo propio desde el año 2012, cuando un grupo de alumnos y alumnas dieron el paso de afrontar este reto. Tras unas primeras participaciones, en una primera etapa, durante los años 2012-2015, y a pesar de la buena aceptación del proyecto, se decidió interrumpirlo para planificar una estructura de equipo que, adaptada a las particularidades de nuestra Escuela y Universidad, permitiera su funcionamiento a largo plazo.

En el año 2019 se retomó el proyecto de forma más gradual, asegurando unos cimientos sólidos basados en la formación del estudiante con una metodología de ABP, la colaboración con centros educativos de enseñanzas medias de formación profesional, y la promoción y divulgación de la Ingeniería mecánica en la sociedad. Durante estos años de trabajo (finales del 2019-2022), y a pesar del freno que supuso la pandemia del COVID-19, el equipo FS UCLM Racing Team está a punto de presentar un monoplaza con el objetivo de competir en el año 2023.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo FS UCLM Racing Team no participa este año, pero en ediciones anteriores ha participado en las competiciones de Formula Student Spain y Formula Student Italy.

De forma más concreta, el palmarés del equipo FS UCLM Racing Team se centra, en su primera etapa, en las tres participaciones realizadas entre los años 2013 y 2015.

Innovaciones tecnológicas

El equipo pretende desarrollar innovaciones tecnológicas en las siguientes áreas:

- Diseño de la carrocería.
- Fabricación de la carrocería.



Equipo FS UCLM Racing Team al completo.

- Tecnología de energías alternativas (eléctrica y de pila de combustible de hidrógeno).
- Tecnología de conducción autónoma.

Patrocinadores actuales

Entre los patrocinadores actuales del equipo FS UCLM Racing Team, se encuentra el Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Ciudad Real, además de la Universidad de Castilla-La Mancha, ETS de Ingeniería Industrial de Ciudad Real, AVL y PCE Ibérica.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está formado, en total, por un grupo variable a lo largo de los cursos de entre 10-15 estudiantes, tutorizados por el profesorado de la ETSII de Ciudad Real. Los miembros senior se hacen responsables de las distintas áreas de trabajo del monoplaza, e integran a los miembros noveles que se unen al equipo.

FS UCLM Racing Team cuenta, por tanto, con una serie de responsables para cada área:

- **Responsable del equipo** (Profesor Titular de Universidad): Ángel Luis Morales Robredo.
- **Asesor Técnico** (Profesor de Enseñanza Secundaria de Automoción): Miguel Félix Molina.
- **Técnico de Laboratorio**: David Bocharán Murillo.
- **Team Leader**: Luis Mérida Calvo.
- **Responsable del área de motor y transmisión**: Sebastián Palomera Naranjo.
- **Responsable del área de suspensión**: Daniel Rodríguez León.
- **Responsable del área de chasis**: Marcos Cebrián Escuderos.
- **Responsable del área de carenado**: Beatriz González Rosa.
- **Responsable del área de electricidad y electrónica**: Adrián Jerez Fernández.
- **Responsable de Redes Sociales**: Raúl Laguna Sánchez.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El próximo objetivo del equipo a corto plazo es la participación, durante 2023, en alguna competición de Formula Student, y las competiciones de Italia y Ho-



Monoplaza del equipo FS UCLM Racing Team en la competición de Formula Student.

landa son las que se están actualmente barajando.

El futuro del equipo, a pesar de ser pequeño, parece estar garantizado. Siempre hay nuevos estudiantes de primeros cursos que ingresan en el equipo y, además la ETS de Ingeniería Industrial, se está orientando al Aprendizaje Basado en Proyectos.

A medio plazo, el equipo está barajando la posibilidad de ampliar el proyecto a la parte de motorización eléctrica e incluso, más a largo plazo, afrontar el reto de la conducción autónoma. La preparación multidisciplinar de nuestros estudiantes en los grados de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, y Electrónica Industrial y Automática permite afrontar con garantías estos retos.

Team leader (jefe de equipo)

“El FS UCLM Racing Team destaca por ser un equipo modesto y familiar. No cuenta con muchos integrantes, pero este hecho apenas tiene repercusión gracias al arraigado ambiente de colaboración y trabajo en equipo. Además, no dudamos en colaborar con otras entidades educativas como el IES Maestre de Calatrava (Ciudad Real) o el Centro Integrado de Formación Profesional Virgen de Gracia (Puertollano), los cuales aportan un alto grado de experiencia e importantes conocimientos en aspectos más técnicos”, explica Luis Mérida Calvo, el team leader del equipo.

En su opinión, “el principal objetivo del equipo es aprender y, por supuesto, la satisfacción personal de poner en práctica los conocimientos aprendidos durante los estudios, que de hecho es el espíritu con el que se creó esta competición en 1981. Participar en la competición internacional ya es nuestro premio”.

“Las características que definen nuestros diseños son la fiabilidad y la optimización del monoplaza con el menor presupuesto posible. Buscamos demostrar que el ingenio es más determinante que el presupuesto”, concluye.

Contacto del equipo

Correo electrónico del equipo: fsuclmrt@gmail.com

Responsable del equipo: Ángel Luis Morales Robredo, e-mail: angelluis.morales@uclm.es

Team Leader: Luis Mérida Calvo, e-mail: luis.merida@uclm.es

UCO Autosport

Escuela Politécnica Superior de Córdoba. Universidad de Córdoba.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio promotor:



Historia del equipo

El equipo UCO Autosport está formado por alumnos de Ingeniería, del primer curso, que tienen como objetivo diseñar y fabricar un vehículo para Formula Student. Se decidió comenzar con la formación del equipo en el mundo de la automoción y la competición con asistencias y preparación de coches de Rally en 2015. En 2017, se comenzó con la preparación de los Seat Panda para competir, además, en la Panda Raid. Además de continuar con el proyecto de las competiciones Raid, en los últimos dos años se ha comenzado con el diseño y fabricación del vehículo Formula Student, con el objetivo de competir con él el próximo verano, en las competiciones organizadas.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo quedó finalista en la competición Panda Raid 2018 y Panda Raid 2019 (ambos vehículos).

En cuanto a este año, el equipo tiene previsto participar, como mínimo, en Formula Student Spain y Formula Student Czech Republic. Con los cuatro vehículos Seat Panda, se competirá en la Spanish Classic Raid y Panda Raid, en su versión para España.

Innovaciones tecnológicas

En lo que respecta a los Seat Panda, el equipo indica que se han desarrollado las siguientes innovaciones:

- Cambio de motorización.
- Sistema propio de autoelevación hidráulico.
- Mejora de la instrumentación y sensorización.
- Sistema propio de suspensión y amortiguación de alta gama.

Y en relación a Formula Student, el equipo está desarrollando el uso de una unidad de control del motor construida por ellos mismos. Se trata de una unidad



Equipo UCO Autosport, de la Universidad de Córdoba.

de control del motor libre basada en Arduino. "Lo cual sería algo innovador porque todos los equipos usan una unidad comercial", señalan.

Patrocinadores actuales

En la actualidad, el equipo cuenta con los siguientes patrocinadores: Automatismos Itea, Provaluta España Reciclaje de Metales, SL., Ciudadatel 3D, Madrileña Perchán, IES Zoco, Moresil, Fendt, Agco, y Analiza.

Por su parte, el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Córdoba patrocinó a este equipo en el curso 2019/2020.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está formado por un team leader y varios responsables de departamento, así como por los miembros que los conforman:

- Manuel Carvajal Ortega, team leader.
- Pablo González Bollit, coteam leader.
- Jaime Escribano Corro, líder del departamento de Electrónica.
- José Leonardo Gil, líder del departamento de Fabricación.
- Juan Antonio Mohedano Fernández,

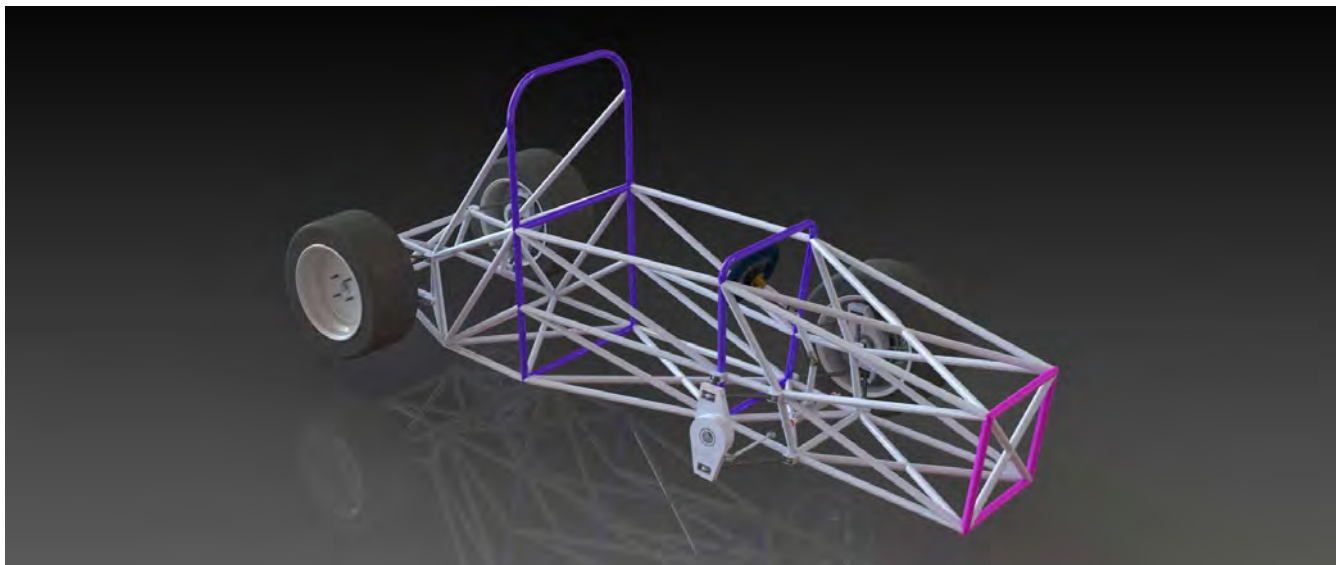
líder del departamento de Motor.

Por su parte, entre las personas que forman parte del equipo se encuentran: Rafael Vallejo Moyano, Víctor Caballero Galán, Lucía Aguilar Jara, Rafael Ángel Morales Ruiz, Javier Muñoz Valverde, Alejandro Mendoza Carrasco, Marina Flores Muñoz, Francisco López Tallín, Juan Ignacio Martín Peña, Alejandro Rodríguez Figueroa, Alberto Gavilán Vega, María del Carmen Castro Prieto, Carlos Ortega Arcas, José Luis Sánchez Jiménez, Jesús Fuentes de la Cruz y Óscar Alonso Díaz.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Una vez desarrollado el prototipo de Formula de combustión y asentadas sus bases, el equipo pretende pasar a la modalidad eléctrica, "pues no sólo supone un reto extra en comparación con el modelo de combustión, sino que también es la tecnología que predominará en el futuro", afirman.

Asimismo, entre sus próximos objetivos figura el de participar con los vehículos Seat Panda en más competiciones, para obtener una mayor visibilidad del equipo.



Diseño del prototipo del equipo UCO Autosport para la competición de Formula Student.

Team leader (jefe de equipo)

“El punto fuerte del equipo es que conseguimos realizar proyectos de gran envergadura con un presupuesto muy limitado. Esto hace que los alumnos, que pertenecemos a alguno de los equipos del Aula del Motor de la Universidad de Córdoba, obtengamos una experiencia real; igual a la que luego tenemos que enfrentarnos en el mundo laboral. Además, consideramos que esta experiencia no se obtiene sólo aprobando las asignaturas de los diversos

grados que cursan los alumnos que pertenecen al Aula del Motor”, señala el equipo.

A lo que añaden que “tener experiencia en los campos de diseño industrial, fabricación de elementos mecánicos, gestión de proyectos, resolución de problemas, formación en riesgos laborales y trabajo en equipo son algunas de las competencias que aquí se obtienen”.

En su opinión, “promoviendo iniciativas como el Aula del Motor, se consigue que la formación entre los alumnos de inge-

niería sea de calidad, haciendo que el día de mañana las empresas puedan obtener trabajadores mejor formados y preparados para la vida laboral. Además, a las empresas les beneficia tener este servicio de ingeniería y tecnología a su disposición para resolver inconvenientes, y así reducir algunos costes que pudieran tener”.

Contacto del equipo

Team leader: Manuel Carvajal Ortega;
e-mail: p52caora@uco.es



El equipo UCO Autosport trabajando en su prototipo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Vilanova i la Geltrú



UPC Vilanova E3 Team

Escola Politècnica Superior de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG). Universitat Politècnica de Catalunya
Competición en la que participa: **MotoStudent**
Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

UPC VILANOVA E3-TEAM es un equipo de motos eléctricas de competición, formado por estudiantes de las ingenierías Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Informática y de Diseño Industrial de la Universidad Politècnica de Vilanova i la Geltrú. El equipo surge con el propósito de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en la Universidad y, al mismo tiempo, ampliarlos sobre el sector de la automoción y la competición, con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías en el ámbito de la movilidad sostenible.

“El equipo nace el año 2015 de la mano de un pequeño grupo de estudiantes del Campus de Vilanova, con la inestimable guía y ayuda de algunos de los profesores más reputados de nuestra universidad. Ellos consiguieron presentarse en la edición de 2016 con un prototipo capaz de superar todas las verificaciones técnicas de MotosStudent, y sentar las bases de lo que en la edición 2018 creció y dio el salto definitivo en la edición 2020, donde se convirtió en el equipo de referencia de nuestro campus (honor que hasta entonces recaía en los equipos de moto de combustión y formula). El equipo sigue creciendo día a día y actualmente se trata de una estructura muy organizada, capaz y con la confianza para superar cualquier reto que se le proponga”, señala el equipo.

“Nuestro objetivo consiste en elaborar un proyecto de ingeniería, un plan de empresa, diseñar y fabricar un prototipo estilo pre-moto3 desde prácticamente cero, y lograr que este supere todas las verificaciones técnicas y dinámicas de la competición. En MotoStudent actualmente competimos contra equipos universitarios de todo el mundo, en la última edición tuvimos 50 contrincantes”, explican.

Palmarés obtenido en la competición

En cuanto al palmarés del equipo, los resultados de la participación en Mo-



Equipo UPC Vilanova E3 Team al completo.

toStudent se dividen en las fases MS1 (Proyecto de Ingeniería + de empresa) + MS2 (Tests y Gran Premio). El equipo UPC Vilanova E3 Team obtuvo las siguientes clasificaciones:

Temporada 2016:

- Clasificación en el puesto 11, de 18 equipos en el total de la competición.

Temporada 2018:

- Clasificación en el puesto 21, de 27 equipos en el total de la competición.

Temporada 2021:

- Clasificación en el puesto 19, en el apartado de mejor diseño, de 50 equipos.

- Clasificación en el puesto 21, en el apartado de mejor innovación, de 50 equipos.

- Clasificación en el puesto 17, en la competición global.

Innovaciones tecnológicas

En la edición 2020, el equipo profundizó en el estudio de la aplicación de supercondensadores al almacenaje de energía, a la par que con el diseño y fabricación de su propia batería, concebida con elementos de diseño premiados

por el CIM UPC con el tercer premio a los mejores proyectos de innovación de estudiantes 2020.

En la edición 2022, se está trabajando en la línea de optimizar los componentes que forman la unidad de potencia, en especial la batería, junto con un mayor control de la comunicación, a través del protocolo de comunicaciones CAN BUS, que, entre otras ventajas, ofrece alta inmunidad a las interferencias, habilidad para el autodiagnóstico y la reparación de errores de datos.

También se está trabajando en la aplicación de fibras naturales para la sustitución de fibras sintéticas en varios componentes del prototipo.

Patrocinadores actuales

Entre los patrocinadores actuales del equipo, se encuentra Enginyers Garraf-Penedès (Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials del Garraf-Penedès), además del Ajuntament de Vilanova i la Geltrú, La Mútua dels Enginyers, GAECE, Delgado Ferro i Foc, Thermor, AsorCad, AkzoNobel, Sigma Bikes, Altair, Nova Màquina, WM suspensiones, CIM UPC, MOUSER electro-



Prototipo del equipo UPC Vilanova E3 Team en plena competición.

nicos, Fluke, Facomsa, NG Brake discs, Altium, Alterity, y La Samarretta.

Estructura y miembros del equipo de competición

En la actualidad, el equipo UPC Vilanova E3 Team sigue una organización basada en la metodología Agile, en aras de una mejor eficiencia y calidad de las tareas realizadas, así como de la organización propiamente dicha.

El equipo está encabezado por el tutor de proyecto, Balduí Blanqué, y el estudiante Pol Vilella, como *team leader* y *product owner*.

Además, cuenta con los responsables de las áreas de desarrollo:

- Responsable de eléctrica: Pol Ko-beaga.
- Responsable de mecánica: Ferran Delgado.
- Responsable de administración y promoción: Ana Bernat.

El equipo cuenta también con la figura del *scrum master*, que llevan a cabo Ainhoa Maestro y Naiara Esquinas.

A su vez, el equipo de creación de *product backlog* está formado por las siguientes personas:

- Bryan Escachx (área electrónica).
- Alexandra Birou (área electrónica).
- Marc Coca (área mecánica y electrónica).

- Bruna Colomer (área de diseño).
- Sergio Quesada (área eléctrica).

Daniel Beltrán (área de informática).

Y finalmente, el equipo de desarrollo formado por los siguientes alumnos y alumnas:

Raúl Borrego, Fabian Captari, Albert Castillo, Mireia Domenech, Sofyan El Faghloumi, Naiara Esquinas, Guillermo Forcén, Omnia Jilali, Eric Mirabent, Jose Rodríguez, Laura Roig, Amador Sierra, y Max Gonzalvo.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El equipo ha crecido mucho en la anterior edición y actualmente nos centramos en superar nuestras propias metas y subir un par de escalones a todos los niveles. El primer objetivo de la temporada es extraer el máximo rendimiento al prototipo 2021 y trabajar para iniciar el desarrollo del prototipo 2022-2023 con la mejor base posible”, señalan.

La mejora del prototipo 2021 incluye, de una forma más detallada, los siguientes subproyectos:

Diseño y fabricación de circuito de pruebas compacto para arranque del sistema de control y potencia (Controlador + Motor).

Mejora del sistema de carga y descarga de la batería.

Desarrollo de optimización de espacios y rendimiento de la batería.

Aprendizaje y aplicación de los sistemas de comunicación CAN-BUS.

Mejora y evaluación de diversas geometrías de transmisión.

Adquisición de componentes de amortiguación de mayor calidad.

Pruebas dinámicas en bancada de prototipo completo.

Pruebas dinámicas y optimización de rendimiento en circuito.

En referencia a la nueva temporada y a la concepción del nuevo prototipo, estos son algunos de los objetivos y proyectos en preparación:

Diseño con el objetivo “talla cero”. Perseguir el mínimo peso y coeficiente de seguridad en todos los componentes.

Sustitución de las fibras sintéticas utilizadas en la fabricación del prototipo por fibras naturales.

Desarrollo de nuestro propio controlador.

Desarrollo y perfeccionamiento del sistema de carga y descarga de la batería.

En cuanto a la visión de futuro, “el equipo trabaja actualmente para asentar unos cimientos sólidos en cuanto a estructura y organización, que permitan acercarnos al funcionamiento y dinámica de un equipo de competición profesional, con el fin de desarrollar un prototipo de altas prestaciones con un nivel de calidad y eficiencia elevados. A medio plazo ambicionamos representar a todo el tejido industrial del Penedés-Garraf, y convertirnos en el altavoz de la zona fomentando la cooperación, la inclusión y la excelencia de los proyectos llevados a cabo en la zona”, afirman.

Team leader (jefe de equipo)

“Bienvenidos al proyecto más ilusionante de nuestra etapa universitaria, nos dirigimos a vosotros para anunciar que estamos de enhorabuena. Como equipo, hacemos frente a una temporada 2022-2023 muy ilusionante, y que promete ser la mejor en la historia del equipo. Si nos permitimos abrir estas líneas con tal optimismo es debido al esfuerzo y el trabajo bien hecho en las anteriores ediciones que escalón a escalón, nos han permitido consolidar un equipo muy unido, bien organizado y ambicioso, que ansía aplicar todo el conocimiento adquirido en el desarrollo del prototipo más avanzado jamás creado por este equipo”, manifiestan.

En cuanto a organización, el equipo explica que siguen la metodología Agile. “El proyecto supone un nivel organizativo muy elevado, que dista mucho del que se pueda imaginar”.

Contacto del equipo

UPC VILANOVA E3 TEAM; e-mail: e3team.epsevg@upc.edu

Team leader: Pol Vilella; e-mail: pol.vilella@estudiantat.upc.edu



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Vilanova i la Geltrú



Vilanova Formula Team

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú EPSEVG. Universitat Politècnica de Catalunya.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): **fuel**.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El Vilanova Formula Team comenzó su andadura durante el curso 2014-2015, como un proyecto de jóvenes estudiantes, con la intención de construir un vehículo monoplace donde, para materializarlo, se ponen en práctica los conocimientos aprendidos en las aulas. "Representando al equipo tenemos una asociación sin fines lucrativos, que busca promover la investigación, el desarrollo y la implementación de diversas tecnologías para llevar a cabo un proyecto ambicioso: diseñar un vehículo capaz de competir en carreras y poder ser comercializado", explica el equipo.

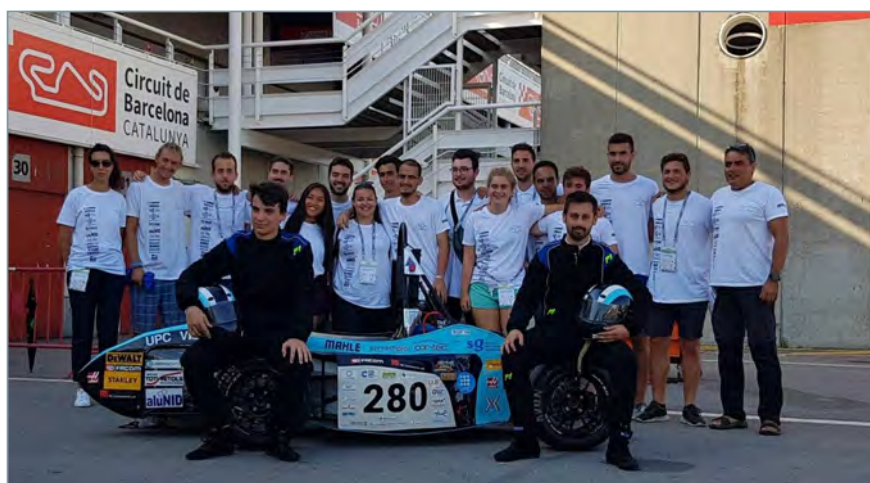
Palmarés obtenido en la competición

La mejor temporada del equipo fue la del verano de 2018, cuando el monoplace del Vilanova Formula Team pudo completar todas las pruebas sin problemas. "De forma notable, pudimos completar la *endurance* por primera vez en la historia del equipo, siendo esta la prueba dinámica más exigente de la competición, donde conseguimos una 4ª posición en la categoría de eficiencia", señalan.

Innovaciones tecnológicas

"Como innovaciones tecnológicas, podemos destacar que para este año estamos desarrollando nuevos métodos para la fabricación de nuestro paquete aerodinámico, con el fin de conseguir eliminar desechos que se generarían por los métodos tradicionales de fabricación de compuestos de fibra de carbono. Además, estamos trabajando en fusionar los beneficios de la fabricación aditiva y el laminado de carbono, donde la fabricación aditiva nos aporta una total libertad de geometría, reduciendo el precio en más de un 70%, manteniendo las características estructurales que si lo hiciéramos mediante moldes", indican.

El equipo continúa también con la fa-



Equipo Vilanova Formula Team con su prototipo.

bricación aerodinámica, pero de los elementos de grandes medidas, como son el fondo plano, el difusor, el morro, etc., "donde fabricamos con láminas de plásticos de origen 100% reciclado, usando la soldadura y el termoformado para generar el producto final". Para resumir, el equipo tiene puesto el foco en tener el mínimo impacto ecológico sin limitaciones en las prestaciones.

Patrocinadores actuales

El equipo Vilanova Formula Team cuenta con el patrocinio de Enginyers Garraf-Penedès (Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials).

Además, entre sus patrocinadores se encuentran las siguientes entidades y empresas:

- **Gold:** Altair, Motocrom, Condesa grupo, Tallers Martret, Alunid, Brose, Car-Tec, ISB, SG Viladecans.

- **Silver:** Jom, Scotch, Fabs4u, Bologberry, Olle Amortidors, Fundació CIM, KTR, Mecaniques tapias, NG Brake Disc, Walter Martinez.

- **Bronze:** GT2i, Fanuc, Gri pumps, Preperts, Alacer mas, Trelleborg, TAYG, Kit carbon, Proto&Go y RS.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo se estructura por departamentos, que desarrollan los diferentes sistemas del monoplace: Dinámica, Powertrain, Ergonomía y frame, Aerodinámica, Eléctrica y Electrónica y Organización e imagen.

El departamento de Dinámica se encarga del comportamiento del monoplace, desarrollando el sistema de suspensión, y está formado por varias personas: Alex León, Patricia Ricci y Alejandro Santaefemia.

Ergonomía y Frame se dedica al desarrollo del chasis y de todos los componentes con los que el piloto interactúa, asegurándose de que esté seguro y cómodo mientras compite. Los miembros de este departamento son Chorouk Maaz, Marc Domínguez, Nil Formentí, y Óscar Torres.

Aerodinámica se dedica al desarrollo del paquete aerodinámico, optimizando la relación de resistencia aerodinámica a "downforce", y siempre recortando al máximo la masa de cada componente. Está formado por Martín Vargas, Martí Aragó, Rubén Batanero y Dídac Rodríguez.



Prototipo del equipo Vilanova Formula Team en la competición.



Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú EPSEVG.

Powertrain es el departamento que se dedica a "hacer el ruido", ya que se dedica a la potenciación del motor de combustión, proveniente de una CBR600RR del 2007, y también se encarga de transmitir esa potencia a las ruedas. Las personas que forman parte de esta área son Oriol Mérida, Aarón Moreno, Biel Jardí y Albert Ferrer.

Eléctrica y electrónica consta de desarrolladores de todos los sistemas de control electrónico del motor y los de seguridad, y está formado por Marc Martínez, Sergio Mateo, y Óscar James.

Organización e imagen se dedica a la supervisión del proyecto desde el punto de vista de presupuesto, tiempos y de la comunicación, tanto en redes sociales como con las diferentes empresas que

apoyan el proyecto. Las personas que trabajan en este departamento son Irene Delgado, Christian Salat, Martín Vargas y Carlota Teixido.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo se muestra optimista e ilusionado con su nuevo proyecto: "De cara al futuro, se nos presenta muy prometedor e inspirador. Finalmente, haremos el paso a la motorización eléctrica siguiendo con los objetivos de esta temporada de reducir al máximo el impacto medioambiental. Una vez finalizada la fabricación del último monoplaza de combustión, el equipo, sobre todo el departamento de electrónica, se volcará en este nuevo y maravilloso reto de su electrificación".

Team leader (jefe de equipo)

"El punto fuerte de nuestro equipo es un arma de doble filo, ya que al ser un equipo relativamente pequeño, con un presupuesto reducido, tenemos que ingeniarlas para poder desarrollar todos los sistemas con la mejor relación coste/prestaciones. Esto genera un equipo de ingenieros preparados en todos los aspectos para la industria", señalan.

Además, agradecen el apoyo que están recibiendo: "Es gracias al apoyo técnico de las empresas, así como del fabuloso cuerpo docente de la Universidad Politècnica de Vilanova i la Geltrú, que podemos seguir formando año tras año a futuros ingenieros de gran calibre".

"Cada temporada que pasa con la gran implicación de los miembros y su motivación, vamos desarrollando un monoplaza más competitivo, no solo en el ámbito dinámico, sino también en la preparación del proyecto de ingeniería, donde documentamos todo el proceso de diseño y desarrollo de cada componente, justificando todas las decisiones tomadas por el camino", afirman.

"Animo a toda persona o empresa que tenga cualquier pregunta o quiera indagar más profundamente en el proyecto a que nos contacte, que estaremos encantados de aclarar cualquier tema", concluyen.

Contacto del equipo

Vilanova Formula Team, e-mail: vilanova-formulateam@gmail.com

Team leader: Martín Vargas Bourguet; e-mail: martin.vargas@epsevg.upc.edu



UdG Motorsport

Universitat de Girona

Competición en la que participa: **MotoStudent**

Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo UdG Motorsport es de nueva creación, ya que se ha fundado “desde cero” hace tan solo unos meses. Todo empezó como una idea “loca” entre amigos, entre clases, “cuando decidimos aceptar el reto y ponernos manos a la obra”, explican.

En octubre de 2021 inició su andadura el equipo. “Nos pusimos en contacto con profesores, estudiantes, miembros de la dirección de la Universidad Politécnica, etc., para dar a conocer la idea y obtener su apoyo. Decidimos fundar la asociación universitaria sin ánimo de lucro UdG Motorsport, en la cual se sustenta el propio equipo. Durante este tiempo hemos ido construyendo internamente el equipo, mientras buscábamos colaboradores y patrocinadores. Hoy en día estamos luchando para poder hacer la inscripción, aunque cada vez vemos que estamos más cerca de poder hacerla realidad”, señalan.

A lo que añaden que “la idea a partir de la cual hemos construido el proyecto es hacer más de lo que hay en el propio currículum académico, para así poder aplicar los conocimientos a un caso real, mientras aprendemos y pasamos un buen rato. Nos queremos iniciar en el mundo de la competición, y creemos que este proyecto es una buena manera de tener el primer contacto con este mundo, de aprender y de crecer como estudiantes y personas”.

Palmarés obtenido en la competición

Al tratarse de un equipo totalmente nuevo, no disponen todavía de palmarés, aunque recuerdan en el pasado hubo un equipo de FormulaStudent en la Universidad, que participó en 3 ediciones de FormulaStudent Spain. “Aun así, el equipo que hemos creado ahora no tiene nada que ver con la asociación y el proyecto anterior, lo único en común es que am-



Equipo UdG Motorsport al completo.

bos proyectos empezaron en la misma Universidad”, aclaran.

En lo referente al palmarés individual, el equipo indica que tienen distintos miembros con experiencia en el mundo de la competición. Algunos de ellos han trabajado en campeonatos como Moto2, y algún colaborador incluso ha trabajado en proyectos para la Fórmula 1.

Innovaciones tecnológicas

“Al inicio del proyecto, una de las innovaciones que teníamos en mente era utilizar un combustible sintético para la moto, ya que creíamos que era interesante para reducir emisiones, además del hecho de que en nuestra Universidad, el grupo de motores de combustión tiene mucha experiencia y se ha implicado desde el principio con el equipo; aunque cuando salió la normativa, vimos que no está permitido, por este motivo tuvimos que descartar la idea”, señalan.

“Actualmente, tenemos varias ideas en mente, pero hemos de trabajar en ellas para ver cuál es más viable para hacer en todos los sentidos: económicamente, en seguridad, en viabilidad, etc.”, destacan.

Patrocinadores actuales

El equipo UdG Motorsport cuenta en la actualidad con el patrocinio del Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Girona, además de empresas como GiDesign, NGK, Ampuria Motor, Gironess Xarxa 2.0, y ISB Sports, y en el ámbito universitario, el Patronat Politècnica Universitat de Girona y la Universitat de Girona.

Estructura y miembros del equipo de competición

En cuanto a la estructura del equipo, cuenta con un director/responsable, Agustí García Esculta, y con un director técnico, Marc Teixidor Vilarrasa. Además, consta de distintos departamentos, cada uno con un director, que está en contacto con el director técnico, y con el propio director del equipo, así como con el resto de miembros de cada departamento.

Los departamentos se estructuran según su función, y son siguientes:

- Motor y transmisión.
- Chasis, suspensiones y sistema de frenos.
- Aerodinámica y carenado.



Un miembro del equipo del equipo UdG Motorsport trabaja en el prototipo, con el programa de software SolidWorks.



- Sistemas eléctricos y electrónicos.
- Telemetría y performance.
- Finanzas y marketing.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El único proyecto que tiene en mente el equipo por el momento es participar en UdG MotoStudent. “Este va a ser el primer proyecto del equipo y el objetivo principal es poder construir la moto para poder participar en el evento final del campeonato”, afirman.

El principal objetivo para el futuro es “crear una base sólida para que las próximas promociones de estudiantes puedan llevar hacia delante el equipo, hasta llegar a ser una referencia en el sector de la competición del motor universitaria”, expresan.

Team leader (jefe de equipo)

“Somos un equipo totalmente nuevo con muchas ganas de desarrollar un gran proyecto como este. Todos somos amantes del motorsport, y eso nos da un gran empuje para llevar este proyecto a ser una de las mejores motos de gasolina que participen en la competición”, indican.

El equipo se muestra ilusionado ante los retos que tiene por delante: “Uno de los puntos que tenemos a favor es que no estamos sometidos a ningún tipo presión, al ser un equipo nuevo, aunque nuestras aspiraciones sean ganar el campeonato. Estamos trabajando desde hace meses en la coordinación de los departamentos para llegar antes de tiempo a la competición con todos los deberes hechos, y así tener márgenes de mejora aún con el prototipo ya fabricado”.

El equipo afirma que “todos los integrantes del equipo tienen mucha ilusión y ganas de llevar este proyecto a lo más alto de la competición, y por eso mismo, os puedo afirmar que vamos a sorprender positivamente, y dar que hablar entre todos los equipos participantes de esta edición”.

Además, hacen un llamamiento a los potenciales patrocinadores. “Aunque tengamos varios patrocinadores confirmados, estamos en busca de más sponsors que quieran colaborar con nosotros, y así unir fuerzas para llevar nuestra motocicleta a lo alto del pódium de Motorland Aragón”, concluyen.

Contado del equipo

Equipo UdG Motorsport ; e-mail: udgmotorsport@gmail.com



Universidad
de Huelva

MotoETSIUHU

Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva.

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): fuel y eléctrica

Colegio promotor:



Colegio Oficial de
Peritos e Ingenieros
Técnicos Industriales
de Huelva

Historia del equipo

El equipo MotoETSIUHU participa desde la edición 2011/12 en la competición MotoStudent, categoría Petrol (motores de explosión), y cuenta ya en su haber ya 5 participaciones. Con un presupuesto muy limitado, ha conseguido estar desde la primera participación en posiciones destacadas, entre las 7 primeras de la clasificación general, en las cuatro primeras participaciones.

El equipo destaca en el desarrollo del chasis, lo que le ha permitido ser líder en la prueba de habilidad (Gymkana) en las dos últimas ediciones. Para la presente edición el equipo presenta una estructura doble para concurrir en ambas categorías, Petrol y Electric, apostando por las nuevas tecnologías aplicadas a la movilidad, descarbonización y haciendo, además, una importante apuesta en materia de igualdad de género, ya que presenta el primer equipo.

Palmarés obtenido en la competición

Los resultados más destacables son los siguientes:

Temporada 2011-2012

Posición Global: 6°.

Temporada 2013-2014

Posición Global: 4°.

Temporada 2015-2016

Posición Global: 7°.

Temporada 2017-2018

Posición Global: 3°.

Posición en carrera: 2°.

Posición en prueba de habilidad (Gymkana): 1°.

Posición en mejor diseño: 3°.

Temporada 2019-2021

Posición Global: 12°.

Posición en prueba de habilidad (Gymkana): 1°.

Innovaciones tecnológicas

En lo que respecta a la innovación tecnológica, se pueden destacar tres invencio-



Equipo MotoETSIUHU de la Universidad de Huelva.

nes que han dado lugar a dos patentes y un modelo de utilidad:

- Basculante tipo "Waste hide swingarm, WHS". Consiste en la incorporación en el basculante de la motocicleta de un pequeño depósito para la recogida de los residuos líquidos durante su uso, permitiendo el reciclado posterior de los mismos o vertido en lugar controlado.
- Sistema de Seguridad Adicional para Motocicletas. Consistente en un sistema que monitoriza la presencia del piloto sobre la moto de forma precisa y apaga el motor en caso de caída del mismo.
- Sistema de Anclaje Rápido – ASFM. Desarrolla un sistema que permite realizar un montaje/desmontaje rápido del carenado de la moto.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta entre sus patrocinadores con el Ayuntamiento de Huelva, Atlantic Copper, Autoridad Portuaria de Huelva, Diputación de Huelva, Cepsa, Ayuntamiento de Palos de la Frontera, y Comunidad de Regantes "El Fresno".

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo tiene dos estructuras, para concurrir a ambas categorías (Petrol y Electric). Cada una de las estructuras tiene un *Team Leader* y una serie de miembros que se organizan en departamentos: Departamento de Diseño, a su vez dividido en los sub-departamentos de Mecánica, Electricidad/electrónica y Aerodinámica; Departamento de Informática, Redes sociales e Imagen, Departamento de Promoción y Relaciones, y el Departamento de Desarrollo del Proyecto Empresarial. Además, un grupo de profesores dirige, asesora y representa al equipo.

- Miembros de MotoETSIUHU.e (Categoría Electric): Alejandro Aranda Cordero (Team Leader), Antonio Arenas Vargas, Iván Barragán López, Laura Maraver González, Laura Mora Santos, Mercedes Perdigones, Víctor Javier Raposo Camacho, Miguel Ríos Martín y Tiberiu Vasile Marin.

- MotoETSIUHU.p (Categoría Petrol): Rocío Moro Hilazo (Team Leader), Gloria Ayala Pacheco, Elena Bermejo Díaz, Sandra Bermejo Durán, Sara Gómez Algarra, María del Carmen Sánchez



El prototipo del equipo MotoETSIUHU, con el número 93, en plena competición.

Rebollo, Mercedes Perdigonés Gómez, Laura Mora Santos, Laura Maraver González, Fátima y Pérez Díaz.

- Profesores: Juan Carlos Fortes Garrido, Juan Ríos Gutiérrez, Juan Manuel Enrique Gómez, Javier Castilla y Borja Millán Prior.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Dada la trayectoria del equipo, con un papel bastante destacable en la categoría Petrol, el equipo se plantea consolidarse como equipo puntero en la misma, y aspira a seguir mejorando en la categoría y convertirse en un equipo de referencia. Además, consciente de la tendencia a la descarbonización y la apuesta en movilidad eléctrica, afronta el paso a la categoría Electric con la formación de una segunda estructura, y aspira a entrar en esta categoría de forma destacable.

“Aprovechando la formación de dos estructuras, pretendemos además abanderar la lucha por la igualdad de género y el fomento de la inclusión de la mujer en la ingeniería mediante la creación de la primera formación total o mayoritariamente femenina en una competición internacional de la envergadura de MotoStudent”, manifiesta el equipo.

Concretamente, la formación MotoETSIUHU.e para el desarrollo de la motocicleta eléctrica tendrá una composición lo más paritaria posible, mientras que la formación MotoETSIUHU.p para el desarrollo de la motocicleta con motor de explosión, se compondrá total o mayoritariamente por mujeres.

MotoETSIUHU es un proyecto ya consolidado en la Universidad de Huelva, que se fija también como objetivo el conseguir crear una estructura en cuan-

to a infraestructuras, medios y organización que permitan ser un referente claro, no sólo en la Universidad, sino para toda la provincia de Huelva, sirviendo de vehículo de promoción y divulgación de la ingeniería y la técnica hacia la sociedad, en general, y hacia los estudiantes de niveles inferiores, en particular, haciendo énfasis en la igualdad de género.

Team Leader (jefe de equipo)

Durante las dos últimas ediciones, el equipo ha volcado sus esfuerzos en el desarrollo del chasis, sin desatender otros aspectos de diseño. El resultado ha sido un chasis muy bien resuelto y competitivo que, además de ser alabado por los pilotos profesionales que testean los prototipos antes de la competición, nos ha permitido ser los ganadores en estas dos últimas ediciones de la prueba de habilidad (Gymkana). Para esta prueba, las características del chasis son fundamentales.

De cara a las próximas ediciones y con la concurrencia a las dos categorías, los objetivos son varios. Como objetivo común, seguir afinando el chasis para tender a la optimización y, en general, trabajar en la mejora de toda la parte ciclo y sistemas de freno. En cuanto al desarrollo de la motocicleta con motores de explosión, la mejora de mapeos de inyección y sistemas aerodinámicos (Ram-Air y Airbox) para aumentar el rendimiento del motor, así como la optimización de la instalación eléctrica e inclusión de elementos electrónicos de soporte son los objetivos a afrontar de forma inmediata.

Finalmente, en la categoría Electric, el objetivo es entrar en la misma de la manera más solvente posible. Para ello se hará hincapié en el desarrollo de un

sistema de baterías lo más eficiente posible, así como de algoritmos de gestión y control para sacar el máximo rendimiento del mismo.

Un objetivo transversal, pero no menos importante, es el repercutir hacia la sociedad todos nuestros logros. Conscientes del interés que suscitan los deportes del motor, el equipo participa en todas las actividades de divulgación y promoción de enseñanzas técnicas para dar a conocer a la sociedad el trabajo de los ingenieros y fomentar las enseñanzas técnicas superiores.

A nivel de equipo, y como se ha podido comprobar en las últimas ediciones, MotoETSIUHU es una estructura que destaca por lo siguiente:

- **Multidisciplinariedad.** Es un equipo formado por alumnos de diversas áreas, no sólo de Ingeniería; fundamentalmente, Ingenierías Mecánica, Electrónica, Eléctrica, Informática y también de ADE (Administración y Dirección de Empresas).
- **Experiencia acumulada.** El sistema de rotación de alumnos que se produce de forma natural hace que los miembros de nuevo ingreso en el equipo aprendan de los más veteranos durante su primera participación. En la siguiente edición, estos alumnos, ahora veteranos, transmiten sus conocimientos a los noveles. Existe, pues, un feedback constante que permite la acumulación de experiencia.
- **Organización.** A lo largo de su andadura, ha ido perfilando una organización bien definida, que permite que se obtengan los mejores resultados de forma eficiente y sin malgastar esfuerzos.
- **Rentabilidad.** Dado el reducido presupuesto con el que tradicionalmente ha contado el equipo, éste ha aprendido a “hacer mucho con muy poco”. Aunque la aspiración debe ser mejorar en la captación de patrocinadores, el haberse adaptado a esta circunstancia hace agudizar el ingenio para desarrollar con lo mínimo sin renunciar a las más altas cotas de exigencia, característica siempre valorable en un equipo de ingeniería.

Contacto del equipo

Equipo MotoETSIUHU.e: Alejandro Aranda Cordero (team leader).

Equipo MotoETSIUHU.p: Rocío Moro Hilazo (team leader).

E-mail: motoetsiuhu@gmail.com.



Unirioja MotoStudent

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de La Rioja.
Competición en la que participa: **MotoStudent**
Propulsión (categoría): fuel y eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

“Unirioja Motostudent es un ambicioso proyecto que sigue vivo desde sus inicios en la edición de 2014, cuando se obtuvieron magníficos resultados, a pesar de ser la primera vez que La Rioja participaba en un proyecto de esta magnitud”, señala el equipo.

En la edición 2016 se consiguió diseñar y desarrollar dos motocicletas, que permitieron al equipo riojano participar en las dos categorías, Petrol motocicleta propulsada por un motor de gasolina, y Electric para la versión eléctrica. En esta ocasión, el equipo recibió el Primer Premio a la Innovación Tecnológica, otorgado por ANESDOR. El trabajo realizado culminó con el desarrollo de un sistema de cambio de marchas sin embrague.

Como el propio equipo explica, “Unirioja MotoStudent es mucho más que el diseño y desarrollo de motocicletas de competición”. Algunos ejemplos de dispositivos desarrollados por los equipos UR MotoStudent en los diferentes años son el sistema de ayuda KERS para motocicletas, que permite un ahorro de combustible en ciudades (2014), el cambio automático sin embrague gestionado de forma electrónica (2016), el chasis de rigidez regulable para motocicletas de competición (2016), y la palanca de freno, que facilita la recarga de baterías durante el frenado en motocicletas eléctricas (2018).

“En resumen, podemos decir que el espíritu innovador está muy presente en el ADN del equipo riojano que participa en MotoStudent, y seguirá estándolo como parte de nuestra razón de ser”, afirma el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo Unirioja MotoStudent ha participado en las ediciones de los años 2014, 2016, 2018 y 2020 de la competición MotoStudent.



Equipo Unirioja MotoStudent.

En la **Edición 2014**, el equipo Unirioja MotoStudent obtuvo el 2º puesto en la categoría de “Mejor Diseño”, compartido con la universidad de Torino (Italia), así como un 8º puesto en carrera, en la que tomaron la salida un total de 22 motocicletas. En 2014 solo se ofertaba la categoría Petrol, en la que la organización proporcionaba un motor de gasolina de 4 tiempos y 250cc de la marca francesa Sherco.

En la **Edición 2016**, el equipo continuó en la categoría Petrol, y además apostó por desarrollar una moto de la categoría Electric. En ella, el equipo se hizo con el premio a la “Mejor Innovación Tecnológica”, gracias a la caja de cambios secuencial que incorporaba su prototipo eléctrico. En cuanto al resto de categorías, los prototipos riojanos quedaron clasificados entre los 10 primeros puestos.

La **Edición 2018**, Fase MS1, corresponde con la primera parte de la competición, en la que se evalúan el proyecto industrial, el proyecto de innovación, y las pruebas estáticas. El equipo de la UR obtuvo el 9º puesto en dicha fase. En cuanto a la categoría de mejor diseño, Unirioja MotoStudent alcanzó el 5º

puesto, y en la categoría “Mejor proyecto industrial” obtuvo el 7º puesto.

En la **Edición 2020**, el resumen de las puntuaciones alcanzadas en cada una de las pruebas, en las que compitieron contra 46 equipos de otras universidades es el siguiente: “Mejor diseño”, decimosegundo puesto, con 103,6 puntos, y en “Proyecto de innovación”, el equipo no fue debidamente evaluado, por superar el máximo de 200 hojas que se estableció como norma, por lo que se obtuvieron 52,7 puntos, y una vigesimosegunda posición.

El total obtenido en MS1 fue de 192,4 puntos, con el puesto Nº 28. En cuanto a la fase MS2, la motocicleta consiguió un 6º puesto, en una carrera que se desarrolló bajo unas durísimas condiciones climatológicas, con temperaturas cercanas a los 40°C en pista, situación muy desfavorable para los prototipos eléctricos. En la prueba de frenado, con 52 puntos, logró el 3º puesto; en la Gymkana, 62 puntos, y el 10º puesto; en la prueba de aceleración, 38 puntos, y el 11º puesto; en la *pole position*, 18 puntos y 12º posición; en la “mejor vuelta en carrera”, 18 puntos y 8º puesto; y en la posición en



Prototipo del equipo Unirioja MotoStudent en plena competición.

carrera, 115 puntos, y 6º posición. La puntuación total en la fase MS2 fue de 303 puntos, lo que le permitió alcanzar un 6º puesto en la clasificación general.

Innovaciones tecnológicas

En la **Edición 2014**, el prototipo 'Valkiria' incorporaba, entre otros sistemas avanzados, telemetría, una unidad de control de motor especialmente programada por el propio equipo, así como un chasis de aluminio aeroespacial de la serie 7075, con un diseño avanzado, que proporcionaría la rigidez suficiente y la ligereza necesaria para conseguir una motocicleta que combinaba agilidad en curva y estabilidad a altas velocidades.

En la **Edición 2016**, el equipo Unirioja MotoStudent se hizo con el premio a la "Mejor Innovación Tecnológica", por el desarrollo de una caja de cambios secuencial sin embrague, que proporcionaba una mejor respuesta dinámica de la motocicleta. En esta edición se construyeron dos chasis totalmente novedosos, fabricados a partir de una estructura de aluminio de la serie 7000, que combinaba microtubos de fibra de carbono extraíbles.

En la **Edición 2018**, con un equipo completamente renovado, Unirioja MotoStudent se presentó a la competición solamente en la categoría Electric. Cabe destacar que el prototipo diseñado en la UR consiguió la mayor velocidad punta en carrera de toda su categoría, llegando a alcanzar los 198 km/h. El proyecto de innovación presentado en esta ocasión consistió en una palanca de freno que permitía modular el proceso de frenado regenerativo en el tren trasero, totalmente configurable de acuerdo a las necesidades del piloto.

En la **Edición 2020**, la dirección del proyecto apuesta nuevamente por la innovación y decide centrar el esfuerzo en un único prototipo eléctrico. En esta ocasión se decidió buscar un diseño más sencillo y robusto, simplificando y eliminando todos aquellos sistemas que pudieran reducir la fiabilidad del prototipo en la carrera. Por ello, se decidió prescindir de la caja de cambios automática que se había utilizado en las dos ediciones anteriores. En este caso, las características del motor proporcionado por la organización del evento, no hacían necesario el uso de transmisiones complejas. El proyecto de innovación presentado en la edición 2020 consistió en un fusible pirotécnico que cortaba la alimentación principal en vehículos eléctricos, en caso de accidente. Este dispositivo evitaría posibles incendios en caso de impacto violento del vehículo.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con más de 25 patrocinadores, entre los que se encuentra el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja. Al ser tan numerosos, recogemos solo algunos de ellos, sin desmerecer, por supuesto, a los demás: Sistema Riojano de Innovación, Gobierno de La Rioja, Matricería LAM, Talleres Corblan, Daniel Mateos (Campeón de España de motociclismo y colaborador técnico), Standard Profil, Suministros Industriales Mayoral, Carrocerías Maturana o Vental.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Unirioja MotoStudent no tiene una estructura permanente en el tiempo. La mayoría de los estudiantes que

participan en una edición dejan paso a gente nueva en ediciones posteriores. Los equipos normalmente están formados por unos 12 estudiantes. Cuando se comienza un nuevo proyecto participan en el nuevo equipo un grupo reducido de miembros pertenecientes a la edición anterior. La labor de formación de los integrantes de cada nuevo equipo se lleva a cabo por los alumnos veteranos de ediciones anteriores, y por los profesores responsables del proyecto.

En la actualidad, el profesor Alberto Falces de Andrés es el director del equipo, y el alumno Julio Sacristán Olarte es el *team leader*.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Actualmente, los directores del equipo se han visto obligados a tomar la decisión de suspender el proyecto Unirioja MotoStudent temporalmente, y no está prevista la participación en la edición de 2023.

Team leader (jefe de equipo)

El objetivo principal de este apasionante proyecto ha sido la fabricación de una motocicleta de competición eléctrica, que ha sido capaz de competir y obtener grades resultados en el VI certamen internacional MotoStudent.

"En esta ocasión, se ha buscado la realización de un prototipo, donde hemos simplificado, en la medida de lo posible, todos aquellos aspectos complejos que pudieran reducir la fiabilidad de la motocicleta en pista. Gracias a nuestra experiencia en anteriores competiciones, se ha decidido eliminar los sistemas de refrigeración líquida, así como la caja de cambios automática, un elemento difícil de ajustar y que podía poner en serios problemas al equipo en caso de mal funcionamiento", explican.

"Esta competición pone a prueba tus conocimientos técnicos y tu capacidad resolutive en las diferentes fases de diseño y fabricación de un proyecto de alto nivel, así como tu desarrollo personal. Esta competición te lleva al límite", afirman.

Contacto del equipo

Alberto Falces de Andrés (profesor, director del equipo); e-mail: alberto.falces@unirioja.es

Javier Rico Azagra (profesor, codirector); e-mail: javier.rico@unirioja.es

Carlos Elvira Izurrategui (profesor, codirector); e-mail: carlos.elvira@unirioja.es



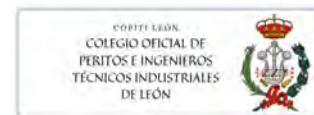
RTULE Racing Team Universidad de León

Colegio promotor:

Escuela de Ingenierías Industriales, Informática y Aeroespacial. Universidad de León.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): eléctrica.



Historia del equipo

El equipo Rtuple Racing Team se funda en mayo de 2018, iniciando el proceso de formación del alumnado participante en las tecnologías de la automoción. El objetivo es puramente académico, y es un proyecto multidisciplinar, con un gran peso en las áreas de la ingeniería, economía y gestión de proyectos; aunque el proyecto se base en el desarrollo y la fabricación de un prototipo de coches de competición, que serán evaluados y puestos a prueba en eventos finales universitarios: Formula Student UK, Shell Eco-marathon y otras competiciones.

“En noviembre de 2018 iniciamos el diseño de dos vehículos: uno para competir en FS UK y otro para competir en Shell-ecomarathon. Empezamos sin recursos ni espacios para el desarrollo de nuestros vehículos, y gracias a nuestros patrocinadores actuales hemos finalizado el diseño y la construcción de los vehículos de la serie Galileo (gravitatorio) y de la serie Faraday (eléctrico), que esperamos compita en Shell Eco-marathon. Además, este año hemos finalizado el diseño de dos vehículos FS UK, uno de gasolina denominado Energía V3 y otro eléctrico denominado H2-21K, para los cuales estamos buscando presupuesto para su construcción”, explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El objetivo del equipo RTULE Racing Team es participar en las competiciones de Formula Student UK y Shell Eco-marathon.

En la actualidad, y a margen de las competiciones propiamente dichas, el equipo destaca como su mayor logro haber participado en el programa de televisión “Vamos sobre ruedas”.

Innovaciones tecnológicas

“En los pocos años de este proyecto, descontando los 2 años de pandemia,



Prototipo del equipo RTULE Racing Team Universidad de León, construido dentro del Proyecto Galileo.

hemos desarrollado la capacidad de diseñar, calcular y fabricar cualquier tipo de estructura y envoltente en fibra de carbono, fibra de carbono-fibra de vidrio y fibra de vidrio de hasta 15 metros de longitud; además de crear un taller de fabricación de vehículos de competición que nos permitirá, en un futuro, si disponemos de los recursos de nuestros vehículos: Energía V3 y H2-21k”, señalan.

Sin embargo, destacan que su mayor innovación es el proceso formativo-pedagógico, por medio del cual colocan en el centro del proceso de aprendizaje el “enseñar a aprender antes que las metodologías de gratificación de las conductas aprendidas”, en las que Ausubel distingue cuatro formas diferentes de aprender:

Aprendizaje receptivo, si se reciben los contenidos en su forma definitiva sin que sea necesario ningún descubrimiento, sólo poder comprenderlo.

Aprendizaje por descubrimiento, si los contenidos no se reciben de forma acabada, sino que han de ser descubiertos, reordenados, adaptados a los esquemas de conocimiento previo, hasta descubrir los conceptos y relaciones entre ellos.

Aprendizaje repetitivo o memorístico, si se asimilan contenidos sin compren-

derlos o relacionarlos con los conocimientos previos.

Aprendizaje significativo, si los contenidos que se van a aprender se relacionan con los previos, no se aprenden al azar, sino de manera organizada y comprensible.

“De la cuarta forma de aprender, el aprendizaje significativo, surge esta experiencia innovadora (sin obviar el aprendizaje receptivo y por descubrimiento), consistente en que el alumno es constructor de su propio conocimiento, construyendo nuevos conocimientos a partir de los conocimientos que ya tiene, porque quiere y tiene interés en adquirirlo, fomentando la creatividad y el trabajo en equipo”, destacan.

Patrocinadores actuales

RTULE Racing Team Universidad de León no cuenta en la actualidad con empresas o entidades que patrocinen el equipo, aunque sí con el apoyo del Colegio del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de León.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está formado actualmente por 52 estudiantes, de los cuales, 16 participan de forma activa en todas las activida-



Proceso de fabricación del prototipo para Formula Student.



des. Todos ellos liderados por el profesor Pedro Salvadores Palacio, de la Escuela de Ingenierías Industriales, Informática y Aeroespacial de la Universidad de León.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“Nuestro futuro lo podríamos encuadrar dentro del epígrafe sobre educación y vo-

caciones científicas, que sin lugar a dudas es la finalidad final”, indica el equipo.

“Sin embargo, para llegar al desarrollo del propio epígrafe, hay una actividad que no podemos ignorar y es una finalidad transversal, que siempre buscamos en nuestros proyectos de innovación educativa. Esta finalidad es el estímulo

de la actividad creativa en todo lo que hacen los alumnos, y que denominamos creatividad”, señalan.

En su opinión, “en una región en la que vivimos, asolada por un éxodo de nuestros jóvenes por falta de estímulos para el desarrollo de sus expectativas vitales, solo existen dos formas para revertir este vaciamiento: la atracción de empresas o el desarrollo endógeno. La atracción de empresas es algo que está fuera de nuestras capacidades, pero el fomento y estímulo de la creatividad puede surgir de forma endógena, y en este sentido presentamos esta experiencia, basada en habilidades que adquieren los estudiantes curriculamente, junto con nuevos conocimientos en procesos y herramientas actualizadas a 2021, y que queremos extender a toda la comunidad educativa”.

Esta orientación se desarrolla dentro del título “Proyecto Energía Gravitatoria 21k”, que se desarrolla en tres epígrafes:

Proyecto Galileo Energía Gravitatoria, cuyo contenido se desarrolla a través de los experimentos de Galileo Galilei y Henry Cavendish para la determinación de la energía gravitatoria y su degradación.

Proyecto Energía-V3: consiste en el diseño y construcción de un coche en formato Formula SAE, realizado por los estudiantes participantes en el proyecto, para competir en la carrera de Formula Student UK, en el circuito de Silverstone-Reino Unido.

Proyecto Hidrógeno 21K: consiste en el diseño y construcción de un coche eléctrico propulsado por una pila de hidrógeno, realizado por los estudiantes que participan en el proyecto, y que se desarrolla en tres fases:

a) Diseño: por medio de cursos de extensión universitaria se formará a los participantes en el uso de software de diseño y simulación de coches de competición. b) Fabricación: por medio de cursos de extensión universitaria y de forma activa, en su laboratorio de fabricación, ubicado en el Parque Científico de León, se les enseñará y fabricará con las tecnologías más avanzadas de las que se dispone, como la fabricación de composites, aditiva, soldadura, metrología, uniones fijas y amovibles, pintura y acabado.

Datos de contacto del equipo

Equipo RTULE Racing Team Universidad de León; e-mail: rtule@unileon.es



UPM MotoStudent

ETS Ingeniería y Diseño Industrial UPM, ETS Ingenieros Industriales UPM, ETS Ingenieros Telecomunicación UPM, ETS Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, ETS Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid
 Competición en la que participa: **MotoStudent**
 Propulsión (categoría): fuel y eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo UPM MotoStudent se creó en 2009, para desarrollar un entorno educativo colaborativo por medio del aprendizaje basado en retos, con el objetivo de reforzar el conocimiento adquirido en las aulas y desarrollar competencias de los alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid.

El equipo participa desde la primera edición de la competición Motostudent, realizada en 2009-2010, donde los equipos diseñaron motos de competición convencionales propulsadas con motor de gasolina. Hasta el año 2014, la competición solo se realizaba utilizando motocicletas con motor de combustión; sin embargo, desde 2014 la competición también se realiza en la modalidad Electric, donde los equipos desarrollan motos completamente eléctricas.

Desde 2014, el equipo participa en las dos modalidades, MotoStudent Petrol y Motostudent Electric. En el año 2019 nace la iniciativa MEC (Moto Engineering Cup), en la que varios equipos españoles y europeos, participantes en MotoStudent, deciden dar un paso adelante en el desarrollo del proyecto, y crean una competición enmarcada dentro del CIV (Campeonato Interautonómico de Velocidad). Esta competición se desarrolla a lo largo de una temporada y consta de varias pruebas en diferentes circuitos de toda España, siendo la primera competición de la historia en combinar motos eléctricas y de combustión en una misma prueba.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo compite en MotoStudent y MEC (Moto Engineering Cup), y en la primera de ellas los hace en las dos categorías (UPM MotoStudent Petrol y UPM MotoStudent Electric).

El palmarés del equipo es el siguiente:



Equipo UPM MotoStudent con sus prototipos.

I Edición de la Competición Internacional de Motostudent 2009-2010

Mejor puntuación en los cálculos técnicos y el 10º mejor tiempo en cuatro vueltas.

II Edición de la Competición Internacional de Motostudent 2011-2012

1º Best Innovation y 4ª posición en carrera.

IV Edición de la Competición Internacional de Motostudent 2015-2016

Petrol: 3º Best Industrial Project y 6ª posición en carrera.

Electric: 3º MS2 y 2ª posición en carrera.

V Edición de la Competición Internacional de Motostudent 2017-2018

Petrol: : 2º Best Design, 3º Industrial Project y 6ª posición en carrera.

Electric: 1º Best Design, 3º Best Innovation, 3ª posición en carrera y 2º Best Motostudent (global).

VI Edición de la Competición Internacional de Motostudent 2019-2020

Petrol: 3º Mejor diseño conceptual, 2ª posición Gymkhana y 10ª posición en carrera.

Electric: 3º Best Design, 3º MS2, 2ª posición en carrera y 2º Best Motostudent (global).

Innovaciones tecnológicas

Durante la participación en la competición, el equipo ha realizado las siguientes innovaciones en motos de combustión:

- Chasis de aluminio fresado optimizado por algoritmos genéticos.
- Subchasis y basculante de aluminio híbridos optimizados.
- Suspensión trasera con bieletas optimizadas.
- Diseño y fabricación del cubredepósito y colín en fibra de carbono.
- Software propio de inyección.

Motos eléctricas

Las innovaciones de las motocicletas eléctricas han sido las siguientes:

- Pack de baterías modular (2016).
- Amortiguador trasero de discos de carbono. Se buscaba diseñar y ensayar un muelle ligero mediante el uso de materiales compuestos, consiguiendo crear un sustituto viable del muelle de acero, con unas dimensiones similares, y misma constante elástica (2018).

Sistema de refrigeración híbrido de aire/agua. Se optimiza el sistema de re-



Prototipo del equipo UPM MotoStudent en plena competición.

frigeración hidráulico del prototipo de 2018, combinado con un novedoso desarrollo de un sistema de recirculación forzada de aire enfriado, con la que se logra una mayor capacidad de evacuación del calor en el motor, aumentando el rendimiento (en el año 2021).

Patrocinadores actuales

El equipo UPM MotoStudent cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), así como de diversas empresas: Altair, RS, E13 Barreties, Hoffman Group, Jarama Race, NG Brakes, Valmoldes, Lasertek, Grupo Solitium, ITR, Sietepicos Fotografía, Traza Design, y Clínica Ayavet.

Miembros del equipo de competición

Más de 100 alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) forman parte de los equipos de UPM Motostudent.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo se encuentra ahora mismo comenzando la VII Edición de la competición MotoStudent, cuyo Final Event tendrá lugar en otoño de 2023. El objetivo es seguir desarrollando proyectos competitivos capaces de lograr buenos resultados y mejorar los de ediciones anteriores. Sin embargo, “desde hace unos años se siente una falta de continuidad de cada proyecto”, señala el equipo.

El trabajo de dos años tiene como fruto una semana de competición, en el caso de MotoStudent, para después volver a empezar desde cero, a pesar de tener prototipos muy lejos de terminar su

vida útil y aún con capacidad de desarrollo. Es por ello que en 2019 se creó en España la MEC (Moto Engineering Cup).

Tras la edición de 2021, el equipo está trabajando para poder sumarse a otras iniciativas similares, como Moto Engineering Italy o Wójcik Electric Race (Polonia), ampliando así el abanico de pruebas capaces de testar en condiciones reales de competición cada prototipo, enriqueciendo y aumentando el nivel del proyecto.

El equipo está centrado en la competición, pero sin perder de vista el objetivo del aprendizaje y desarrollo de competencias transversales en el ámbito universitario, claves fundamentales del desarrollo profesional y personal de las personas. En torno al proyecto nacen muchas otras iniciativas a nivel interno de la universidad y fuera de ella. UPM MotoStudent está comprometido con la educación, fomentando su actividad en diferentes ferias y eventos, con el objetivo de inspirar a las próximas generaciones.

Team leader (jefe de equipo)

UPM MotoStudent es una asociación de estudiantes de la UPM, que integran dos equipos de competición (Petrol y Electric) enmarcados dentro de la competición MotoStudent. Cada edición, decenas de estudiantes apasionados por la ingeniería, la competición y el mundo del Motorsport, se ponen manos a la obra para llevar este proyecto adelante con el único objetivo de dar rienda suelta a sus conocimientos, inquietudes y pasión.

Desde hace más de 13 años se ha trabajado de forma ininterrumpida para desarrollar prototipos de motocicletas de

competición, capaces de lograr buenos resultados, que cada edición superan a los anteriores. Una progresión únicamente posible gracias a la construcción de una estructura interna y una gestión del conocimiento y el *know how* que refuerza año tras año los cimientos de cada proyecto. Durante este tiempo, se han desarrollado 9 prototipos de competición capaces de competir al nivel de los demás rivales, consiguiendo en las últimas ediciones podios sucesivos en las diferentes categorías y pruebas.

“No en vano, UPM MotoStudent Electric es oficialmente el mejor equipo del histórico de la competición en su categoría, con podios en la clasificación general de todas las ediciones que ha competido. También se han obtenido premios importantes a la mejor innovación o al mejor diseño en varias ediciones, siendo también de relevancia los resultados en carrera, que demuestran que no sólo el proyecto es exitoso en su gestión y desarrollo, sino que el prototipo final es además muy competitivo”, señalan.

“Todo esto solo ha sido posible gracias al esfuerzo titánico de los miembros del equipo y al apoyo fundamental de los patrocinadores. Éstos han depositado su confianza y sus medios en un proyecto que ha conseguido consolidar, en muchos casos, alianzas de varios años. Estas alianzas hacen posible la realización de las etapas fundamentales del proyecto, y aseguran la calidad y fiabilidad de los recursos empleados, además de ampliar los horizontes y objetivos del equipo”, añaden.

Los medios de UPM MotoStudent no son aun así comparables con los de sus rivales directos a nivel nacional, ni mucho menos a nivel internacional y, sin embargo, el valor humano y la calidad ingenieril de sus integrantes ha permitido lanzar al equipo a la cabeza de la competición.

Contacto del equipo

UPM MotoStudent (general), e-mail: eme.etsidi@gmail.com

UPM MotoStudent Electric:

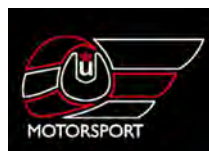
- Equipo, e-mail: upm.motostudent.electric@gmail.com

- Team leader: Javier Maldonado Esteban; e-mail: javiermaldonadoesteban@gmail.com

UPM Motostudent Petrol:

- Equipo, e-mail: upm.motostudent.petrol@upm.es

- Team leader: Sara Sendarrubias Arias-Camisón; e-mail: s.sendarrubias@alumnos.upm.es



Universidad
Rey Juan Carlos

Vicerrectorado de Innovación,
Transferencia y Relaciones con Empresas

ÜMotorsport

Universidad Rey Juan Carlos de Madrid (URJC). Vicerrectorado de Innovación, Transferencia y Relaciones con la Empresa.

Competición en la que participa: **Formula Student.**

Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

Los orígenes de ÜMotorsport se remontan al año 2015, cuando un grupo de estudiantes apasionados del motor fundaron la asociación Formula URJC, cuya misión principal era llevar su Universidad a la competición de Formula Student.

“En aquellos tiempos, en los que los estudiantes se adentraban en este mundo, estaba todo por hacer, solo se disponía de papel, boli y de muchos pájaros en la cabeza. Sin embargo, unos cuantos valientes y locos de los coches se juntaron, usaron sus mejores armas, acero, gasolina, sudor y lágrimas, y de todo ello nació un pequeño y pesado monstruito, el FURJC 1, aunque apodado de forma cariñosa como *Frankie*”, explica el equipo.

“En la siguiente temporada, se desarrolló el FURJC 2, que sería una reinterpretación completa, y que destacaba por sus colores, apodado “El Martini”. El FURJC 3 siguió una línea continuista y de mejora respecto a su predecesor; tanto fue así que consiguió acabar la mayoría de pruebas dinámicas de la competición, dando un gran salto en términos de competición”, afirman.

Al finalizar esta temporada, el proyecto se pasó a llamar ÜMotorsport, etapa en la que se desarrolló el ÜM-04, rediseño completo desde 0, y segundo coche en pasar todas las pruebas en Formula Student Spain (FSS) y competir, quedando 6° de España y primero de Madrid en 2019. “Llegó la temporada 2020-2021 y la COVID paralizó el mundo, y tras una superación constante de obstáculos, se consiguió en tiempo récord fabricar el ÜM-05, que sería el primero en salir de España a Formula Student Netherlands (FSN)”, señalan.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo ÜMotorsport ha participado en las competiciones de Formula Student Austria (FSA), Formula Student Spain



El equipo ÜMotorsport con su prototipo.

(FSS), y Formula Student Netherlands (FSN); en los tres casos con un coche de combustión, y en esta última competición, con un coche driverless, además.

El palmarés de este equipo es el siguiente:

FSS 2016: participación en pruebas estáticas. Puesto 35.

FSS 2017: participación en pruebas estáticas. Puesto 28.

FSS 2018: primera participación en pruebas dinámicas. Puesto 30 de 37.

FSS 2019: primera posición en la Comunidad de Madrid, sexta en España y vigésimo primera posición en la categoría de combustión. Primera vez que el equipo supera todas las pruebas dinámicas, mejor puntuación obtenida (217) y puesto 398 del ranking mundial.

FSS 2021: el equipo consigue superar y participar en todas las pruebas estáticas y dinámicas, y obtiene el puesto número 13 en la categoría de combustión.

FSN 2021: primera vez que el equipo participa en el extranjero. Puesto 13.

Innovaciones tecnológicas

Una rama importante de la innovación, para el equipo ÜMotorsport, es el desarrollo del monoplaza de competición

autónomo, del que destacan sistemas innovadores, que son los pilares de su funcionamiento, tal y como se detallan a continuación:

- Consta de un sistema distribuido CAN de control y monitorización de bajo nivel formado por 14 circuitos impresos, que aporta alta flexibilidad y robustez en las comunicaciones.

- Un sistema de percepción y control formado por redes neuronales propias. Este sistema necesita datasets, con gran cantidad de datos recogidos para el entreno y testeo de dichas redes.

- Se ha desarrollado un simulador virtual en Unity para entrenar y probar las IA, con el fin de testear los algoritmos antes de llevarlos a la vida real.

- Acorde a lo anterior, se ha desarrollado software encargado de determinar la trayectoria que el vehículo debe seguir, a partir de los datos de la red neuronal y sensores.

- Diseño de un sistema de odometría inteligente capaz de detectar en todo momento la posición exacta en el espacio de cada rueda.

- Creación de un sistema SLAM que permite construir un mapa del entorno en el que se encuentra el vehículo, además



El prototipo del equipo ÜMotorsport en una de las pruebas.

de estimar la trayectoria para desplazarse dentro de este entorno.

Además, el equipo se enfrenta a otro nuevo reto, el desarrollo del nuevo coche de combustión (UM06). El objetivo de este año es el diseño de un coche capaz de estar con los equipos TOP de Formula Student. Para ello, se plantea un coche completamente nuevo bajo la filosofía de reducción de peso, mediante la transición de multitud de piezas a materiales compuestos, basados principalmente en fibra de carbono, debido a su alta rigidez y bajo peso.

Este cambio se ha producido en el chasis, que ahora pasa a ser un monocasco, en las llantas o en los palieres. También se están empleando aleaciones y metales ligeros, como el magnesio o el aluminio, que sustituyen al acero. Todas estas piezas se fabricaban de manera interna por el equipo, dando más libertad a los diseños, disminuyendo la dependencia de proveedores y reduciendo costes. “Con estos cambios, el monoplaça es más de un 20% más ligero comparado con su predecesor. Además, se han incorporado multitud de sensores que nos permiten validar las simulaciones y los diseños realizados, así como garantizar el buen funcionamiento del monoplaça”, señalan.

“Debido a la exigencia de este proyecto, también estamos desarrollando avances en el área de los recursos humanos, buscando la mejor forma de organizar un proyecto, gestionar a las personas implicadas, identificar a las personas talentosas con gran potencial y trabajar en equipo”, indican.

Patrocinadores actuales

Entre los patrocinadores del equipo ÜMotorsport se encuentra el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos

Industriales de Madrid (COGITIM), además de empresas y entidades como Cerrato, Mecadona, Exarchitects, Alunid, Gurit, Eurobearings, Salesianos Carabanchel, Wurth, Cimworks, Altair, Mathworks, Aviation Group, Calspan, Cesvimap, Monday, Kvser, Batería Fácil, Cainfe, Bardhal, Galuppo, Ariza Racing Circuit, Karting Cabanillas, Zircotec, Festo, Fastrepro, Colegio Bristol, Curvados comendador, Duplex, Biel Digital Glasses, Pitwheel, Iigus, o Espiral Outlet, entre otros, así como la Universidad Rey Carlos de Madrid (Vicerrectorado de Innovación, Transferencia y Relaciones con la Empresa).

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo ÜMotorsport está formado por cerca de 50 miembros, estudiantes de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

ÜMotorsport está impulsado por el Vicerrectorado de Innovación, Transferencia y Relaciones con la Empresa, con la finalidad de desarrollar tecnologías relevantes de cara al futuro. “A corto plazo, nuestro principal objetivo es perfeccionar nuestro mayor activo, el equipo. Para ello se está reforzando la difusión de nuestras metas, resultados y trabajo mediante una brillante sección de Social Media. También se está reforzando la parte financiera, promoviendo una mejor gestión de costes y activos para evitar el derroche y las ineficiencias”, afirman.

Además, este año se ha decidido implementar una nueva metodología para garantizar el orden y la ergonomía de trabajo. “Por último, el desarrollo de una filo-

sofía sobre el sistema de diseño basada en los detalles, ya que pensamos que el coche no es más que una manifestación del equipo que hay detrás, por lo que dedicar gran parte del tiempo a tener un equipo excelente, es la mejor inversión si se desea fabricar un coche de combustión que pueda llegar a estar en el top 10 mundial en cuanto a rendimiento. Adicionalmente, esperamos convertirnos en la única universidad de la Comunidad de Madrid y una de las dos españolas en construir un DV, siendo pioneros en el desarrollo de esta tecnología a nivel internacional y disponer de la capacidad de construir dos coches en una misma temporada”, señalan.

Y añaden: “En el medio y largo plazo, gracias a la formación recibida por parte de la URJC, tanto en el grado como en este proyecto, nos vemos con las ganas, el conocimiento necesario y la capacidad para desarrollar las tecnologías que nos permitan afianzar nuestra visión en la movilidad sostenible y autónoma”. Para ello, se va a desarrollar nuestro nuevo proyecto de movilidad eléctrica en dos etapas. La primera etapa consistirá en la realización un coche híbrido de alta eficiencia térmica en la siguiente temporada, y la segunda, concluirá dentro de dos años al diseñar un coche completamente eléctrico. “En paralelo, seguiremos desarrollando la tecnología autónoma, mejorando nuestro sistema de visión, control y nuestra red neuronal de inteligencia artificial, sin olvidarse de todas las áreas mecánicas del coche, buscando los límites físicos del coche. A largo plazo, se seguirá un método de mejora continua, de forma que iremos reforzando todas las posibles debilidades hasta tratar de convertirnos en el equipo número 12”, concluyen.

Team leader (jefe de equipo)

“Como jefe de este equipo, he de decir que lo que más destaca y de lo que más orgulloso estoy, es del capital humano con el que cuenta. ÜMotorsport está formado por un grupo de 50 alumnos de todas las disciplinas (ingeniería, marketing, finanzas, etc.), con un talento y proyección incalculables, con un nivel altísimo de implicación, trabajo, conocimiento y ganas de cambiar el mundo”, señala el team leader del equipo, Miguel Longobardo.

Contacto del equipo

Team leader: Miguel Longobardo; e-mail: teamleader@u-motorsport.com; operations@u-motorsport.com



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

UPM Racing

Universidad Politécnica de Madrid.
Competición en la que participa: **Formula Student**
Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

En el año 2004, con el objetivo de afianzar a la Universidad Politécnica de Madrid como una de las mejores universidades de ingeniería del mundo, y para apoyar la pasión por el mundo del motor de sus estudiantes, nació el primer equipo de Formula Student de la historia de España: UPM Racing.

“Desde entonces, el equipo no ha parado de producir talentosos ingenieros e ingenieras que han ocupado importantes puestos en lo más alto del panorama automovilístico internacional. Por nombrar unos pocos, compañeros nuestros han sido ingenieros en equipos de Fórmula 1, campeones de las 24h de Le Mans, y ocupan puestos en potentes empresas del sector como Porsche”, explica el equipo.

“Durante nuestros 18 años de historia, hemos ondeado los colores de la UPM por el continente europeo, destacando nuestras participaciones en Silverstone y Hockenheim, en los primeros años con monoplazas de combustión; pero nuestro afán por la innovación hizo que en 2012 compitiésemos con nuestro primer coche eléctrico. Desde 2017, la propulsión de nuestros bólidos ha sido 100% eléctrica. Sin embargo, nuestra interminable ambición nos ha hecho centrar todos nuestros esfuerzos en el proyecto del coche autónomo, ique está a punto de ver la luz!”, indican.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo ha participado en las competiciones de Formula Student Germany (EV), Formula Student East (EV) y Formula Student UK (DV).

Durante su larga historia, UPM Racing ha estado durante años en el top 50 del ranking mundial de equipos de Formula Student. Los principales hitos de su historia han sido los siguientes:



Equipo UPM Racing al completo.

Driverless (autónomo):

- Ganadores del Business Plan de FSUK (Silverstone).

- 3x Participaciones en FSUK (Silverstone).

Eléctrico:

- 4x Participaciones en FSG (Hockenheim).

- 1x Participación en FSUK (Silverstone).

- 1x Participación en FSS (Montmeló).

- 1x Participación en FSEast (Hungaroring).

Combustión:

- 8x Participaciones en FSUK (Silverstone).

- 7x Participaciones en FSG (Silverstone).

- 2x Participaciones en FSS (Montmeló).

Innovaciones tecnológicas

“Nuestro actual prototipo eléctrico, el UPM04e, es el más avanzado hasta la fecha. Se trata de un vehículo completamente eléctrico con cuatro motores colocados en cada rueda, capaces de entregar hasta 80 kW, limitados por la normativa de la competición. La energía

está almacenada en la batería de Alta Tensión de 8,11kWh, que junto con su Battery Management System, está desarrollada completamente por el equipo. Después, los motores son controlados mediante un avanzado sistema de Torque Vectoring, que hace las veces de control de tracción y de diferencial virtual”, señalan.

La integración de todos los elementos tiene como pieza principal el chasis monocasco de fibra de carbono. No solo se amolda perfectamente a las necesidades de todos los componentes del coche, sino que además es tremendamente ligero y rígido, fabricado con la última tecnología del sector aeroespacial en las instalaciones de su patrocinador, el INTA.

“También de fibra de carbono, el paquete aerodinámico del monoplaza incluye alerones delantero y trasero, pontones, fondo plano y difusor. Trabajan junto con el sistema de suspensión para sacar el máximo de la potencia disponible y del agarre de los neumáticos en todas las situaciones dinámicas”, destacan.

Actualmente, los 66 ingenieros e ingenieras están completamente enfocados en el desarrollo de su primer



Prototipo del equipo UPM Racing en la competición.

prototipo autónomo. Se han realizado enormes avances en todo el desarrollo del software necesario, el “cerebro”, y la parte más importante del desarrollo de un vehículo driverless. El equipo indica que “está prácticamente terminado y ya funcionando en pruebas reales con prototipos, con una detección de obstáculos y cálculo de trayectorias muy satisfactorios. El desafío en el que se encuentra actualmente el equipo es en el diseño de los sistemas actuadores de la dirección y frenos, para hacer posible la integración del software con el monoplaza eléctrico. Estamos buscando soluciones innovadoras y optimizadas para nuestro uso, así como la colaboración con empresas que estén interesadas en participar en estos avances”, afirman.

Además de todos los avances técnicos, en UPM Racing también hay un objetivo muy claro: formar a ingenieros e ingenieras en competencias transversales, capaces de trabajar en equipo y adaptarse a las condiciones exigentes y siempre cambiantes del mundo de la competición.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con el patrocinio del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), así como con diversas empresas y entidades como patrocinadores.

Patrocinadores principales

Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM, INSIA, Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial, ETSIAE, UPM Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, ETSI

Sistemas Informáticos.

Patrocinadores Premium

Openbank Grupo Santander, INTA.

Patrocinadores Gold

Gurit, TTTechAuto, AluNID, VIEWNEXT, MAUSAED, Speedgoat, Mestalla, Intech3D.

Patrocinadores Silver

IFER, Milwaukee, ALTAIR, AVL, BOGE, ELATE, ESAB, Prevost, Asepa, o LT, entre otras.

Patrocinadores Bronze

3M, Igus, JBC, Loctite, EPIDOR, NIPPON GASES, SCHAEFFLER, CADEMS, Faymasa Ingeniería y Mecanizados, LABTEND, Centro Láser UPM y LABTEND.

Supporters

Copy5, Mel Compasites, HEL y HUBER+SUHNER.

Miembros del equipo de competición

El equipo de competición UPM Racing cuenta con 66 miembros, todos ellos alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Con el UPM 04E ya diseñado y fabricado, los objetivos de la temporada van en dos direcciones principales. La primera es conseguir la mayor fiabilidad posible en la parte de Powertrain, desarrollar el Torque Vectoring, implementar el mejor set-up, según las características del

coche, y que los pilotos ganen la mayor experiencia con el comportamiento del prototipo.

“En estos momentos, con el coche estamos realizando pruebas dinámicas de fiabilidad y set-up. También, el equipo durante esta temporada va a fabricar e implementar la quinta batería de Alta Tensión de la historia del equipo. Asimismo, no dejamos de preparar la tan importante parte estática de las competiciones con las pruebas de Design, Cost & Manufacturing y Business, ya que en el fondo las competiciones son de ingeniería y el objetivo es la formación completa de todos los integrantes”, explica el equipo.

La segunda dirección es empezar a diseñar el quinto prototipo eléctrico del equipo, el UPM 05E. “Es el mayor desafío en la historia del equipo, ya que se trata de implementar los hitos ya conseguidos, chasis monocasco, cuatro motores en rueda, baterías y BMS de fabricación propia... con la conducción autónoma. El equipo lleva años desarrollando el código e implementación de los sistemas que permiten que el coche sea autónomo, y ahora además se encuentra diseñando los actuadores y el chasis para poder implementar todos los sistemas necesarios”, señalan.

“En estos últimos meses, el equipo ha conseguido, con un coche autónomo cedido por el Instituto donde se encuentra nuestro taller, el INSIA, la detección de conos para delimitar el carril por el que conducir con nuestro propio sensor LIDAR + código y el cálculo del Path Planning con nuestro algoritmo, que se encarga de generar la trayectoria entre los conos, el mapa que interioriza el coche para averiguar el recorrido óptimo del circuito”, indican.

Team leader (jefe de equipo)

Guillermo Dancausa y Daniel Elices son los team capitans del equipo, que cuenta, además, con Nicolás López como team leader.

En opinión del equipo, “UPM Racing se encuentra en el mejor momento de su historia, siendo el mayor proyecto de innovación tecnológica y de estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid, contamos con los mejores apoyos posibles desde instituciones”.

Datos de contacto del equipo

Equipo UPM Racing, e-mail:upmracing2.insia@upm.es



UFV Racing Team

Escuela Politécnica Superior. Universidad Francisco de Vitoria.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

“Comenzamos nuestro recorrido en la temporada 2018/2019, en el circuito de Montmeló, en Formula Student Spain (FSS), y en el circuito de Ricardo Paletti, en Formula Student Italy (FS ATA), con el primer desarrollo del monoplaça en un tiempo récord de seis meses, dado que todo el equipo estaba formado por alumnos de primero de carrera. Fue nuestro primer año como equipo, y demostramos la capacidad que tenemos para sobrepornos a las dificultades del momento y sacar el máximo partido a nuestras circunstancias”, explica el equipo.

La segunda temporada del equipo tuvo lugar un año después de la pandemia por la Covid-19. “En esta nueva temporada 2020/2021, nos enfocamos en la transferencia de conocimiento de la generación fundadora del equipo a los nuevos miembros, para asegurar la transición y la vida a futuro del equipo. Este traspaso de experiencia y conocimiento culminó en el circuito de Assen, Países Bajos, en la Formula Student Netherlands; donde, aunque el monoplaça no llegó a competir en las pruebas dinámicas por un fallo electrónico, estuvimos satisfechos con los resultados obtenidos, especialmente en la presentación del Business Plan, donde conseguimos ubicarnos entre los 15 mejores”, afirman.

Palmarés obtenido en la competición

En este año 2022, el equipo UFV Racing Team tiene previsto participar en Formula Student UK (FS UK), Formula Student Germany (FSG) y Formula Student Spain (FSS). En el primer año de vida del equipo, en la temporada 2018/2019, se consiguió diseñar y fabricar el primer prototipo en tan solo seis meses, y posteriormente se compitió con el monoplaça en Formula Student Italy (FS ATA) y Formula Student Spain, recibiendo la sorpresa y



El equipo UFV Racing Team con su prototipo.

la enhorabuena de parte de los jueces de la competición.

En el tercer año del equipo (temporada 2020/2021), se consiguió un top 15 en el apartado de Business, en Formula Student Holanda, “superando con creces los resultados anteriores en esta parte del proyecto”. “En el cuarto año del equipo y actual temporada, 2021-2022, hemos conseguido pasar las pruebas en 4 competiciones, estando ya registrados en 2 de ellas, Formula Student UK y Formula Student Germany”, indican.

Innovaciones tecnológicas

De cara a esta temporada 2021-2022, se han implementado avances significativos en el diseño del monoplaça, y en esta sección se destacarán aquellos que pueden llamar particularmente la atención:

- **Rediseño del sistema eléctrico y electrónico del monoplaça**, gracias al uso de un dispositivo de distribución de potencia con unidad de telemetría. Comenzamos con las mejoras implementando el uso de una PDM de AIM, con la que el objetivo es eliminar todos los actuadores electromecánicos y mejorar el tiempo de respuesta de los dispositivos electrónicos.

Además de esto, gracias al sistema de telemetría es posible mejorar el comportamiento dinámico del monoplaça en función del escenario en el que se encuentre el equipo, permitiendo una mayor adaptabilidad según las circunstancias del circuito.

- **Implementación de barras de suspensión de fibra de carbono con wishbones de titanio**. El rediseño de la suspensión, fabricada con estos nuevos materiales, ha permitido reducir drásticamente la masa no suspendida del vehículo, lo que se traduce en mejores resultados a la hora de competir.

“Además, nos ha permitido experimentar con la impresión 3D de titanio, así como con optimización topológica, que esperamos poder utilizar más activamente en futuros monoplaças”, explica el equipo.

- **Desarrollo del primer kit aerodinámico completo del equipo**. Tras un año de estudio y formación de la mano de Simscale, ha llegado el momento de dar el salto e implantar un kit aerodinámico que permita al equipo ser más competitivo. “De cara a los eventos de esta temporada, contaremos con alerón delantero, trasero, pontones laterales y un fondo



Prototipo del equipo UFV Racing Team en la competición.

plano que permitirá al equipo aumentar las posibilidades de obtener puestos más altos en las tablas de clasificación, tanto de las pruebas dinámicas, gracias al mejor rendimiento del monoplaza, como en el evento de ingeniería de diseño, donde explicaremos las decisiones que nos han llevado a desarrollar dichos componentes”, detallan.

Patrocinadores actuales

El equipo UFV Racing Team cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) como patrocinadores, además de los siguientes patrocinadores:

- Diamond Tier: Universidad Francisco de Vitoria, Siemens, y MSI (Motor & Sport Institute).
- Platinum Tier: Sicnova, Simscale, Rekluse, Getecno, Altair y Sprutcam.
- Gold Tier: Loxeal, Ansys, Vindue, EXarchitects, Solidworks, Bralo, y HBM.
- Silver Tier: Ruescas Lubricantes, RS Components, GT2I, AIM, Henakart, Pro-medent y Lotu.
- Bronze Tier: TRS, Hexcel, 3D Connexion, Perdok, Aurora Bearing, Hoogstra Autosport, Kumoweld, Archiologics, Verse, FABLAB UFV y AP Racing.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo UFV Racing Team cuenta con más de 50 miembros, estudiantes de la Escuela Politécnica Superior.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“Ciertamente, si algo nos caracteriza es el deseo de poder apuntar cada vez más alto como equipo. Por eso, de cara a la siguiente temporada queremos diseñar el primer sistema de propulsión y almacenamiento energético para el primer

monoplaza eléctrico del equipo”, señalan.

Esto se debe principalmente a dos motivos. En primer lugar, al hecho de que cada vez está más presente la necesidad de una transición energética hacia un modelo menos basado en el combustible fósil. “Por lo que, a modo de ayudar a nuestros miembros a adaptarse al futuro laboral que se encontrarán al salir de la carrera, este avance es esencial”, indican.

En segundo lugar, se puede ver que las propias competiciones están orientando sus reglamentos hacia el desarrollo de vehículos eléctricos. El mundo del automóvil está cambiando y los organizadores de los eventos están apostando cada vez más por el desarrollo de este tipo de vehículos. “Es por esto que creemos que ha llegado la hora de evolucionar como equipo y adaptarse a las condiciones que se ofrecen en estos momentos. Pero no sólo queremos quedarnos aquí; uno de nuestros proyectos como ingenieros apasionados por el mundo de la competición, es la reducción de peso del monoplaza, por lo que uno de nuestros objetivos fundamentales en el próximo año es el desarrollo de un chasis monocasco de fibra de carbono”, afirman.

Y añaden: “Ya hemos comenzado con los primeros diseños, para poder aprender lo máximo posible, familiarizarnos con sus propiedades y poder así vestir la próxima temporada uno de nuestros monoplazas con un monocasco de carbono. De esta forma podremos llevar la calidad y capacidad de nuestros ingenieros al siguiente nivel”.

Team leader (jefe de equipo)

UFV Racing es un equipo de competición que participa en eventos de Formula Student, y que constituye un proyecto de formación integral y diferencial para todos los miembros que lo componen.

“Nos encargamos de organizar, diseñar, simular, fabricar, testear y competir con nuestro propio monoplaza en diferentes competiciones internacionales. Somos un equipo joven, fundado en 2019, con cincuenta miembros de diferentes grados y de todos los cursos que, gracias al apoyo de la Universidad y de sus patrocinadores, llevamos ya tres temporadas trabajando en la mejora de nuestro monoplaza”, explica David Juárez, team leader del equipo.

“Queremos crear un equipo donde, sin importar de dónde vengas, puedas convertirte en una mejor versión de ti mismo, tanto a nivel personal como profesional. Somos, en definitiva, un equipo dinámico y proactivo, con una gran ambición de convertirnos en un referente y competir al más alto nivel dentro de la industria de Formula Student”, añade.

“Por eso, queremos que nuestro equipo busque siempre otorgar a sus miembros la oportunidad de expandir sus capacidades, desarrollar sus habilidades y perfeccionar sus conocimientos en un ambiente de compromiso e ilusión. No sólo eso, sino que tenemos como meta profesionalizar a los ingenieros del equipo, abriendo todas las vías de formación y capacitación a nuestro alcance, mejorando año a año los resultados del equipo en el proceso”, señala.

De este modo, el equipo destaca sus valores fundamentales: el compromiso y la entrega como pilares del trabajo en equipo, la búsqueda constante de la excelencia y la superación personal, y la formación y capacitación de los miembros del equipo.

“Pero no sólo nos quedamos aquí. Gracias al MSI, nuestra segunda casa, contamos con las mejores instalaciones para desarrollar nuestro monoplaza. Trabajar con el MSI nos permite estar cerca de grandes profesionales y conocer desde dentro el mundo de la competición”, expresa.

“Nuestra historia nos precede, ya que el espíritu fundacional que tuvieron los primeros miembros, ya en su último año de carrera a fecha de escribir estas páginas, permanece a día de hoy. Ese espíritu de equipo ilusionado, ambicioso y perseverante, que nos empuja a alcanzar nuestras metas temporada tras temporada”, afirma.

Contacto del equipo

E-mail del equipo: ufvracing@gmail.com
 Team leader: David Juárez Fernández;
 e-mail: davidjuarez133@gmail.com



MOTO-MAQLAB-UC3M

Universidad Carlos III de Madrid
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo MOTO-MAQLAB-UC3M es la escudería de motos de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), cuyo proyecto aúna la gestión, optimización, fabricación y producción de una Moto3 de competición, incluyendo cada uno de sus componentes, y su participación en la competición bianual MotoStudent.

El equipo nace en 2009 impulsado por el grupo de investigación MAQLAB en la Universidad Carlos III de Madrid. "Viendo el enorme potencial que tendría participar en la novedosa competición, un grupo de profesores e investigadores de la UC3M promovió entre su alumnado la idea de formar un equipo para participar en ella", explica el equipo.

La idea fue todo un éxito y, de esta manera, se formó el primer equipo de MOTO-MAQLAB-UC3M, que creó la MS1, nombre de la primera moto que compitió en MotoStudent y que ganó el premio a "Mejor Innovación Industrial". Unos años más tarde, en 2013, se creó la MS3, y en 2016 la MS4.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo MOTO-MAQLAB-UC3M cuenta con el siguiente palmarés:

- 1º Mejor Innovación tecnológica MS1 (2010).
- 1º Mejor Diseño Industrial MS4 (2016).
- 2º Mejor Innovación tecnológica MS4 (2016).
- 2º Mejor Proyecto Industrial MS4 (2016).
- 1º Altair Motorsport Innovative Challenge MS6 (2020).

Innovaciones tecnológicas

En 2013, se reestructuró el equipo, creando la MS3, y en 2016, la MS4, mecanizada en aluminio 7075-T6. "Se puede decir que esta moto es para el equipo un gran punto de inflexión, ya que fue la pri-



Equipo MOTO-MAQLAB-UC3M.

mera moto del mundo cuyo chasis y basculante fueron fabricados y diseñados en monobloque, y gracias a esto y a un novedoso sistema de refrigeración, entre otros, la MS4 fue ganadora del primer premio a Mejor Diseño Industrial y dos segundos premios a Mejor Innovación Tecnológica y Mejor Proyecto Industrial", señalan.

Otro aspecto reseñable de la MS4 es que en ella se desarrollaron las tecnologías que han permitido el registro de dos patentes por parte del grupo Maqlab. En 2018, comenzó la fabricación de la MS6. "El elemento al que más importancia se ha dado siempre en esta moto es el basculante, uno de los elementos estructurales principales y parte del sistema de suspensión. Conecta el eje de la rueda trasera con la estructura del chasis y permite el movimiento de la rueda trasera en sentido vertical, y lo coacciona en el sentido horizontal, siendo crítico el afinamiento de sus rigideces en diferentes direcciones para el correcto comportamiento dinámico de la moto", explican.

En esta moto es tan destacable el basculante porque fue el primero realizado en fibra de carbono con núcleo en impresión 3D de ULTEM 1010 e insertos en aluminio. El ULTEM 1010 es un

termoplástico apto para impresión 3D, cuyas propiedades más características son la alta resistencia mecánica y la alta resistencia térmica al mismo tiempo, lo que hace de él un material de grandes propiedades mecánicas compatible con la impresión 3D y el uso de preimpregnados. Esta optimización del basculante proporcionó un gran ahorro del peso al prototipo y contribuyó a que la MS6 fuese la ganadora del premio "Altair Motorsport Innovative Challenge".

Patrocinadores actuales

El equipo MOTO-MAQLAB-UC3M cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), entre otras empresas y entidades como el Grupo MAQLAB, Bosch, SolidWorks, Altair, VRC, NG Brake Disc, EXarquitects, Dinumec, Fidamc, Lasertek, Optimus3D, Universidad Carlos III de Madrid, FACTUREE, Stratasys, Rodabau, Valmoldes S.L., y Arquimea.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo se estructura en varios departamentos: electrónica, marketing, fabrica-



Prototipo del equipo MOTO-MAQLAB-UC3M.

ción, simulación, operaciones y diseño. Todos los miembros del equipo de competición son estudiantes de la Universidad Carlos III y “su involucración en el proyecto es máxima”.

El equipo está formado por las siguientes personas: Marcos Vidal Rodríguez y Borja Sánchez-Silva Garijo (ambos son los team leaders del equipo), Rubén Gómez Morales, Alberto Huertas Ramírez, Zee Márquez Wehmeyer, Abraham Vadillo Morillas, Víctor Moreno Arrollo, Jorge Blanco Pacheco, Sergio Recio Molina, Enrique Borja Borja Martínez, Manuel Galdámez Fernández-Villacañas, Javier Rozalén Nuño, Alicia Blázquez Cobo, Jesús Diez García, David Verdugo Nogales, África Arnao Martínez, Oleksandr Sorokhan Gordiychuk, Ignacio Busons Rodríguez, Gabriel Kraus Mirza, Juan Carlos Satián Muñoz, Jorge García Del Río, Cristina De Cueto Escobar, Gabriel Francesco Dambrosio Tomei, Diego Zamorano Martínez, Alba Mota Aparicio, Django Haupens Crombé, Manuel Narváez Barona, Enrique Fernández Álvarez, Miguel Ángel Fañanás Pérez, y José Jalón Romero.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

En la actualidad, el equipo está trabajando con la MS7 y se está investigando y desarrollando un modelo con estructuras de materiales compuestos, construyendo sobre la base de la MS6, pero evolucionando en todos los campos.

“Uno de los planes de futuro del equipo de competición MOTO-MAQLAB-UC3M es aumentar el tamaño

del equipo con nuevos integrantes para así superar, cada vez en mayor medida, las barreras del año anterior, así como formar a los nuevos estudiantes para conseguir los objetivos marcados al inicio de cada temporada y, sobre todo, quedar satisfechos con nuestro trabajo”, señalan.

“En el corto y medio plazo se está trabajando para dar mayor visibilidad y uso a los prototipos, participando en eventos como el que lleva a cabo el COGITIM, que reúne un gran número de equipos. Además, se está barajando la posibilidad de participar en otras competiciones paralelas a MotoStudent, tanto a nivel nacional como internacional, y la participación en eventos del motor, aunque no estén directamente enfocados a la competición universitaria”, indican.

Y añaden: “Más a largo plazo, resulta imposible ignorar la necesidad de investigar y desarrollar vehículos eléctricos, por lo que es objetivo de este equipo formar un grupo de trabajo dedicado a poner en marcha el desarrollo de un prototipo eléctrico, para competir en ambas categorías en futuras ediciones de MotoStudent”.

Team leader (jefe de equipo)

“MOTO-MAQLAB-UC3M apuesta por tecnologías innovadoras, en un constante aprendizaje y estudio de métodos mejores y más optimizados, con gran experiencia en la competición y en colaboración con grandes patrocinadores en investigación y desarrollo”, señalan los team leaders del equipo”, Marcos Vidal Rodríguez y Borja Sánchez-Silva Garijo.

“En contraste con otros equipos, nuestro enfoque siempre busca destacar en innovación y en la profesionalidad de los acabados. Al tratarse de una competición académica, los aspectos tecnológicos son cruciales y valoramos la importancia de una buena imagen, tanto para los patrocinadores como para el futuro del equipo”.

El equipo se nutre de dos fuentes que son de gran importancia. “Por un lado, están los estudiantes de diferentes facultades y escuelas: Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas, Escuela Politécnica Superior y Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación; todos ellos, alumnos de la Universidad Carlos III de Madrid”.

Por otro lado, el papel más importante, junto con el mencionado anteriormente, son los patrocinadores. “Ellos son el motor de nuestro proyecto, ya que sin ellos no sería posible llevarlo a cabo. Los patrocinadores que hemos tenido y tenemos quedan siempre satisfechos con nuestro trato, nuestra cercanía y nuestro trabajo, y gracias a esto vuelven a confiar en nosotros en temporadas próximas”, afirman.

“Con nuestros patrocinadores tenemos distintas formas de colaborar, desde contratos de prácticas hasta desarrollo de proyectos de investigación conjuntos. Gracias a la formación y experiencia que adquieren nuestros miembros en su paso por la escudería, muchos patrocinadores ven en nosotros la oportunidad de contar con personal con aptitudes en un entorno laboral e ingenieril”, añaden.

“Contamos con un eficaz departamento de marketing que se encarga de dar visibilidad a nuestra actividad en el proyecto. Nuestro principal canal de comunicación es Instagram (@motomaqlabuc3m), donde vamos informando a nuestra comunidad sobre nuestros últimos avances, aunque contamos también con perfiles de LinkedIn, Twitter y Facebook. Si tuviésemos que definir con pocas palabras a la escudería MOTO-MAQLAB-UC3M sería constancia, progreso, iniciativa, cercanía, innovación y motivación”, concluyen.

Contacto del equipo

- Marcos Vidal Rodríguez, e-mail: mvidal@motomaqlabuc3m.com
- Borja Sánchez-Silva Garijo, e-mail: bsanchez@motomaqlabuc3m.com
- E-mail del equipo: motomaqlabuc3m@uc3m.es



MAD Formula Team

Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo se fundó en el año 2012 bajo el nombre de Formula UC3M, como un lugar para aprender de manera práctica cómo funciona un monoplaza de competición, aplicando los conocimientos de los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Carlos III de Madrid.

“Fue en la temporada de 2016 cuando construimos nuestro primer monoplaza, el C3R-16, conocido por su chasis tubular de acero. Este coche, aun siendo el primero, consiguió rodar en la prueba de Endurance de FSS”, explica el equipo.

En 2017, se diseñó y construyó el C3R-17, el primero que corrió con un monocasco de fibra de carbono. “Con él volvimos a Formula Student Spain, logrando correr la prueba de Autocross y la de Endurance, aunque sin llegar a completar esta última. Sin embargo, las mejoras de este coche con respecto a su predecesor eran innegables”, indican. Un año más tarde, en 2018, el equipo consiguió correr todas las pruebas de FSS, y se quedaron únicamente a tres vueltas de acabar la Endurance, gracias al C3R-19. Además, mejoraron sus resultados notablemente con respecto al año anterior.

“En 2019, tras un año de muchos contratiempos pudimos acudir por primera vez a una competición que no fuese la nacional, Formula Student Germany, con el C3R19. El año 2020 fue el más complicado para el equipo, y la cancelación de las competiciones, debido a la pandemia de la Covid-19, nos dio la oportunidad de reinventarnos para mejorar, pasando de Formula UC3M a MAD Formula Team”, afirman.

“Finalmente, tenemos nuestra última temporada, en 2021, cuando desarrollamos el MFT01, el coche que nos ha dado los mejores resultados de la historia de nuestro equipo, y el que nos ha dado la oportunidad de comenzar a ser competitivos en Formula Student”, concluyen.



Equipo MAD Formula Team con su prototipo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo ha participado en las siguientes competiciones:

- Temporada 2020-2021: FSA, FSN, FSS.
- Temporada 2021-2022: FSG, FSA, FSN, FSS.

Los resultados más destacables en las competiciones de Formula Student son las siguientes:

FSS 2021

- Clasificados en el puesto 11º en el ranking general de equipos de combustión.
- 5º puesto en Cost.
- Resultados en los eventos dinámicos: 7º puesto en Acceleration, 9º puesto en Skid Pad y 9º puesto en Autocross.

FSN 2021

- Clasificados en el 19º puesto, en el ranking general de equipos de combustión.
- Primer puesto en el evento de Cost.

FSA 2021

- Clasificados en el 23º puesto en el ranking general de equipos de combustión.

- 9º puesto en el evento de Cost.

El equipo participó también de 2016 a 2019 en las competiciones de Formula Student de España (FSS) y Alemania (FSG).

Innovaciones tecnológicas

En MAD Formula Team se trabaja desde los primeros años con fibra de carbono para diversas partes del monoplaza. “Cada año se investiga acerca de nuevos métodos de fabricación para el monocasco, paquete aerodinámico, y otras piezas. Se busca optimizar el rendimiento de las piezas, seguridad, ligereza, tiempos de fabricación e impacto con el medio ambiente”, señalan.

Gracias a esta constante innovación, se ha podido mejorar el rendimiento del monocasco, pasando de un primer monocasco (fabricado en 2017) con un peso de aproximadamente 40kg, que necesitaba un chasis tubular trasero, al último monocasco, que pesa tan solo 27kg, y sin la necesidad de la utilización de un sub-chasis trasero. “Esto ha aumentado la rigidez torsional, mejorado las tolerancias, y reducido el peso global del chasis del monoplaza. También en relación con los materiales compuestos, se trabaja



Prototipo del equipo MAD Formula Team en plena competición.

para reducir el coste de fabricación de los moldes, utilizando métodos como el corte por hilo caliente, o la impresión 3D”, indican.

Asimismo, se continúa innovando en otros ámbitos, como el análisis aerodinámico, donde gracias a las nuevas tecnologías de computación en la nube, se pueden hacer análisis en CFD (Computational Fluid Dynamics) mucho más precisos, rápidos y eficientes. Esto ha ayudado a tener un paquete aerodinámico más eficiente, y optimizado para las necesidades de los circuitos de Formula Student.

“Además, año tras año se optimizan todas las piezas mecanizadas (normalmente en Aluminio 7075-T6), con el fin principal de reducir el peso, pero también de mejorar las propiedades dinámicas de todo el vehículo, y simplificar el proceso de fabricación para que se puedan fabricar todas las piezas en menos tiempo, y con el desperdicio de menos material. Para esto se optimizan las piezas con software de elementos finitos, y se utilizan métodos como la impresión 3D para verificar que las piezas están correctamente diseñadas”, explican.

Patrocinadores actuales

El equipo MAD Formula Team cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) como patrocinador, además de las siguientes empresas y entidades:

Categoría Principal: FIDAMC, Gurit, AWS y Lasertek.

Categoría Platino: VSD y HAAS CNC.

Categoría Oro: Alunid, SBG Systems, Embotech, De Santos Design,

IFER, Metalcheck, Pistas INTA, Facom, Dewalt, IES Alarnes, Garric Solutions y ExArchitects

Categoría Plata: ANSYS, SolidWorks, Altair, Zircotec, LMS Ecuelectronic, Tesa Tape, Simscale, Finitec, VI Grade, IES Virgen de la caridad, Espacio2Puntos, Tecnoepoxy, Ceppe, MetalMadrid21, The Events House y Mecanizados Rusán.

Categoría Bronce: Altium, Schroth, Cesvimap, NM3D Iberica, Calspan, BMW Movilnorte, ISVA, HEL Performance y The Reuse Company.

Categoría Apoyo: JLCPCB, Verse, HellemanTyton, Talleres2 y Caser Seguros.

Estructura y miembros del equipo

El equipo MAD Formula Team cuenta con más de 80 miembros, estudiantes de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“En cuanto a la visión de futuro del equipo, queremos seguir mejorando y optimizando nuestros diseños para crear un coche que nos lleve a la victoria en competiciones de Formula Student. Construir un coche de carreras que demuestre quienes somos como equipo”, afirman.

“Nuestra intención es seguir desarrollando el concepto de vehículo de combustión, ya que creemos que siguen siendo una parte muy importante, que debe seguir desarrollándose, implementando además en un futuro la tecnología híbrida, que nos ayude a construir un vehículo más eficiente, y con mejores prestaciones. Además, en el momento en el que

tengamos los recursos y conocimientos necesarios para hacerlo, tenemos como objetivo diseñar un vehículo eléctrico, ya que es la tendencia que está siguiendo la competición de Formula Student, así como la industria en general”, explican.

Y añaden: “En paralelo a todo esto, queremos implementar la tecnología autónoma, llegando a ser capaces de conseguir un vehículo 100% autónomo en todas las categorías (combustión, híbrido y eléctrico). Por eso llevamos varios años trabajando en esta dirección, con un grupo de personas dedicadas exclusivamente al diseño de un sistema de conducción autónoma, que pueda ser implementado en nuestro vehículo, mediante el uso de cámaras y sensores LIDAR para el reconocimiento de imagen, y actuadores electro-neumáticos, para simular las interacciones del piloto”.

“Queremos, además, dar la oportunidad a más estudiantes universitarios de participar en un proyecto tan interesante, y así ayudarles a complementar su formación universitaria y a decidir el camino que quieren seguir profesionalmente”, concluyen.

Team leader (jefe de equipo)

“Nosotros somos un grupo de estudiantes que hemos unido nuestras metas personales para hacer que algo especial suceda. En el proceso, queremos llevarnos al límite y mejorar como equipo en todas las formas posibles. Queremos establecer la referencia sobre cómo cualquier grupo de personas, en cualquier disciplina, debe trabajar en conjunto para lograr grandes cosas, y queremos mostrarle al mundo que un equilibrio entre el pensamiento original y práctico, la dedicación, la organización y el amor es todo lo que se necesita para hacer que un equipo sea imbatible, independientemente de otros factores. Eso es lo que queremos mostrar”, afirman.

El objetivo del equipo es construir “un coche de carreras que demuestre quiénes somos como equipo. Queremos reconocernos en nuestro coche”. Para ello, destacan 4 valores que determinan “quiénes somos y que dan sentido a todo lo que hacemos”:

Pensamiento original-práctico, dedicación, organización, y amor (“cuidar unos de otros en el equipo”).

Contacto del equipo

Team leader: Jaime Sistach Martínez de Ubago; e-mail: jaimesistach@gmail.com



**Universidad
Europea**

Formula UEM

Universidad Europea de Madrid
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): **fuel (E-85)**.

Colegio patrocinador:



COGITIM

Colegio Oficial de Graduados/as en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica y Automática, Ingeniería Química Industrial y otros Ingenieros conforme a la Orden CIN/2532/2005. Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Madrid

Historia del equipo

Formula Student UEM empezó hace 14 años, formado por un grupo de 20 estudiantes de Ingeniería que querían adentrarse más en el mundo de la automoción y tenían pasión por competir. “Hoy día contamos con un grupo más amplio, en el que no solo participan los ingenieros, sino cualquier estudiante que tenga pasión por el fascinante mundo automovilístico y que tenga ganas de aprender. Es por ello que enfocamos nuestros esfuerzos en hacer que los integrantes de este grupo aprendan de la forma más práctica posible, cumpliendo con talleres y cursos”, explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo Formula UEM de la Universidad Europea de Madrid participa en las competiciones de Formula Student UK, a nivel internacional, y Formula Student Spain.

Innovaciones tecnológicas

Según explica el equipo Formula UEM, “el primer contacto del coche siempre serán los neumáticos, pero el FUEM cuenta con llantas de fibra de carbono buscando reducir la inercia y aumentar así la reacción del vehículo. Continuamos con el uso de tubos de fibra de carbono para nuestro sistema de suspensión, lo que hace que nuestro coche reaccione más rápido al cambio de la pista, aumentando así el rendimiento”.

El chasis es un monocasco de fibra de carbono que cuenta con la particularidad de poder llevar el enganche del main hoop integrado, lo que lleva a simplificar el diseño del subchasis tubular y una reducción de peso en este.

En el motor está modificado para que funcione con etanol (E85), aumentado así su eficiencia y haciéndolo más amigable al medio ambiente. Se ha actualizado la central electrónica controladora del



Equipo Formula UEM con su prototipo.

coche, además de elementos que optimizan el rendimiento, como una admisión diseñada por los estudiantes y fabricada por impresión 3D en las instalaciones de la Universidad.

En el 2016, el equipo, junto a la Escuela, registraba una patente con el nombre de “Sistema de lubricaciones de máquinas y motores sometidos a aceleraciones”, lo que le permitió al equipo minimizar el carter, reducir la cantidad de aceite y bajar el centro de masas sin tener que llevar sistema de carter húmedo.

Patrocinadores actuales

El equipo Formula UEM cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) como patrocinador, además de las siguientes empresas y entidades: Begrauto, FabLabUE, SolidWorks, Gurit, Igsy y Cesvimap.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Formula UEM es muy nuevo todavía, por lo que a fecha de hoy no es definitiva la estructura ni el listado de los alumnos que participarán en las próximas competiciones de Formula Student, aun-

que está previsto que lo integren cerca de 80 miembros de la Universidad Europea de Madrid.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

A nivel administrativo, el equipo está enfocado en asentar una infraestructura sólida y sostenible en el tiempo que sea dinámica, para mejorar el desarrollo profesional de los estudiantes, sometiéndolos a nuevos retos y áreas.

En el aspecto deportivo, el equipo quiere enfrentar un 2023 con la participación en tres competiciones europeas. Desde el punto de vista técnico, se busca la transición de un motor 4 cilindros a uno de 2, además de un aumento de cilindrada. También se está desarrollando un kit aerodinámico que cuente con alerones huecos para la reducción de peso.

Team leader (jefe de equipo)

“La curiosidad, las ganas de aprender y trabajar despierta el interés de los alumnos y los llama a formar parte de este proyecto. La afición y pasión por el mundo del motor es la gasolina que mueve al equipo. Los principales elementos



Prototipo del equipo Formula UEM en la última competición de Formula Student en la que ha participado.



son el compañerismo y la coordinación, haciendo que estas piezas sean primordiales para lograr que pequeños engranajes trabajen para lograr un mismo objetivo, y puedan formar una máquina, plasmándose en la forma de un monoplaza de competición, con la aceleración y seguridad esperada por todo el equipo”, señalan.

En cuanto a la organización del equipo, indica que están “organizados de forma dinámica y en formación constante. Nos dividimos en los departamentos de business, organización, marketing, suspensión, chasis, motor, electrónica, aerodinámica y fabricación, que han funcionado durante 14 años, junto al apoyo de profesores y expertos del campo, acumulando experiencias con el fin de seguir formando profesionales con criterio, buen juicio y competentes para la vida laboral”.

En su opinión, este equipo “es una oportunidad universitaria enriquecedora para todas aquellas personas interesadas en este mundo y que, además, tengan un espíritu de sacrificio, compromiso y estén dispuestas a trabajar en un ambiente orientado en el desarrollo y adquisición de habilidades y conocimientos; aprendiendo a trabajar en equipo y bajo presión, enfocado en estudiar, analizar y optimizar de manera innovadora, las estrategias, teniendo en cuenta el tiempo, dinero y calidad. Todo esto con la finalidad de prepararlos para el mundo laboral”.

Contacto del equipo

Team leader: Rodrigo Cabana, e-mail: teamleader@formulauem.es



UAH Motorsport

Universidad de Alcalá de Henares. Escuela Politécnica Superior (UAH)
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): eléctrico.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

UAH Motorsport es un equipo nuevo, que acaba de aterrizar en el Formula Student desde la Universidad de Alcalá de Henares. “Pese a ser un equipo nuevo, nuestra historia es anterior, ya que se habían sentado las bases de un proyecto como este, pero a lo largo de los años cayó en el olvido”, explican.

Ahora, con un aire fresco, con ganas de innovar, y con un equipo con múltiples disciplinas de la ingeniería, buscan participar por primera vez en el campeonato de Formula Student. “Para nosotros, la historia de nuestro equipo no representa solo la trayectoria de nuestros predecesores, sino también, hacia dónde queremos llegar”, afirman. En la actualidad, el equipo se encuentra inmerso en desarrollo de su prototipo.

Palmarés obtenido en la competición

Debido a la reciente creación del equipo UAH Motorsport, todavía no ha tenido la oportunidad de participar en ninguna competición de Formula Student, aunque se prepara para ello, con el diseño y fabricación de su prototipo.

Innovaciones tecnológicas

Como el propio equipo explica, “en nuestro primer prototipo buscamos sentar las bases para un desarrollo posterior, desde una estructura sólida y resistente, como lo es nuestro chasis; esa sería nuestra mayor innovación, un lugar sólido desde el que poder partir”.

“Nuestro desarrollo comienza en un árbol de 5 ramas, una rama para el desarrollo de la aviónica de nuestro coche, mejorar todos los niveles de sensores mediante los cuales podemos extraer datos, detectar errores y solventarlos”, señalan.

Por otro lado, indican que “nuestro componente de motor nos permite expandirnos a áreas como la recuperación



Algunos integrantes del equipo UAH Motorsport.

de la energía, su optimización y un mayor control del tren motriz de manera eficaz. En cuanto a nuestro componente de chasis, introducir un monocasco y la reducción de peso, son un ejemplo de hacia dónde puede tender nuestro prototipo”.

Finalmente, “la dinámica y la aerodinámica del coche son otras fuentes de mejoras, un correcto balance de las suspensiones, una mejora de la transmisión, y un gran abanico de opciones en las diferentes alas y componentes que nos permiten generar carga estable”, concluyen.

Patrocinadores actuales

El equipo UAH Motorsport cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), además de empresas como SolidWorks, ANSYS, y Würth Electronics.

Estructura y miembros del equipo

El equipo UAH Motorsport mantiene una organización dividida en las diferentes áreas con las que busca potenciar su vehículo. De este modo, cuenta con un departamento de Chasis, de donde surge a su vez un departamento de Aerodinámica,

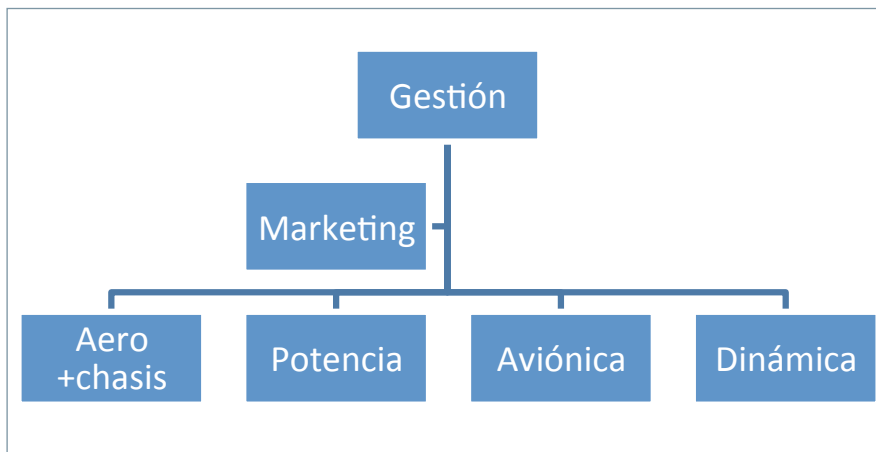
que está dando sus primeros pasos. También cuenta con un departamento de Dinámica, en el que se busca el mejor desarrollo del coche en componentes como la dirección, la transmisión, los frenos o las suspensiones.

Por otro lado, el “tren de potencia” se encarga de elaborar el motor, los controladores y todo lo necesario para hacer rodar el vehículo. “Finalmente, trabajamos con un departamento de Aviónica; buscamos un control del coche, extraer datos para poder mejorar y garantizar la seguridad en todo momento. Todo esto lo coordinamos con los diferentes jefes de equipo de los departamentos y con el departamento de Gestión, donde tratamos temas como la publicidad, los patrocinios y los eventos, junto con el departamento de marketing”, señalan.

El equipo cuenta con un total de 90 personas, que trabajan activamente, además de otros integrantes que colaboran y trabajan con ellos.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Según explica el equipo, “nuestro primer proyecto es bastante sencillo, crear nuestro primer prototipo, y poner rumbo



Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá.

a nuestra primera competición, extraer datos y experiencia, y volver a comenzar para refinarlo hasta alcanzar la excelencia.

Además, nos gustaría no solo centrarnos en esta competición; la idea de UAH Motorsport es expandirse a otras

competiciones, con prototipos y retos diferentes, con el fin de alcanzar el mayor grado de aprendizaje de los componentes del equipo. Nuestro objetivo es siempre el de aprender y completar nuestra vida académica desde un punto práctico y real".

De la misma manera, la visión de futuro que comparte el equipo es generar una base sólida para mantenerla a lo largo de los años, y que los estudiantes que accedan a los grados de la Universidad de Alcalá de Henares "puedan llevar el proyecto a sitios más lejanos".

Team leader (jefe de equipo)

"Como un equipo que acabamos de nacer, nuestras aspiraciones siempre serán las máximas, al igual que nuestro grado de exigencia. Hemos formado un equipo con gente de los diferentes grados de la Universidad de Alcalá de Henares, con el fin de transportar lo aprendido en el aula a una situación real. Esto, por supuesto, conlleva un esfuerzo y un trabajo que no se puede afrontar si no es con pasión en lo que estamos haciendo; a todos estos estudiantes les unen varias cosas, esta misma, y entre otras, la pasión por el motor, la competición y las ansias de conocer y aprender más", indican.

A lo que añaden que su principal punto fuerte es la falta de miedo por innovar: "Sin olvidar el presente, buscamos algo con lo que desmarcarnos de la tendencia que siguen el resto de equipo, y darnos la oportunidad de triunfar, tanto en los pilares básicos del monoplaza, como en los pequeños detalles que nos dan las oportunidades".

"En cuanto a nuestras aspiraciones, nunca olvidamos nuestra mayor meta: ganar, alcanzando siempre la excelencia y desarrollar, mejorar y evolucionar todo lo posible, tanto nuestro primer monoplaza como los futuros que hagamos. Pero si hablamos de las aspiraciones individuales, tan importantes como las globales del equipo, nuestra mayor aspiración es aprender, desde los casos reales, donde hay que arreglar todo, hasta el momento donde todo encaja. Sabemos que nuestras aspiraciones y deseos son grandes, pero esos mismos son el motor personal del equipo", concluyen.

Contacto del equipo

UAH Motorsport, e-mail: motorsport@uah.es



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

Nebrija Power Wheelie

Universidad Nebrija.

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



COGITIM

Colegio Oficial de Graduados/as en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica y Automática, Ingeniería Química Industrial y otros Ingenieros conforme a la Orden CIN/251/2005, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Madrid

Historia del equipo

“En la Universidad Nebrija llevamos varios años investigando en el área del automóvil y la motocicleta, desarrollando nuevas tecnologías e innovaciones para ser aplicadas en este tipo de vehículos”, explica el equipo.

Además, indican que “desde hace dos años llevamos trabajando en aplicar toda nuestra tecnología en un proyecto universitario que permitiese a nuestros estudiantes crecer como profesionales, y aplicar todos los conocimientos adquiridos en una moto real. Así es como nace el proyecto Nebrija Power Wheelie (NPW), con el objetivo de dar visibilidad a toda nuestra innovación y participar en una competición tan prestigiosa como MotoStudent”.

La Universidad Nebrija concibe el proyecto como una plataforma de innovación y de crecimiento personal y profesional para los estudiantes. Como el equipo destaca, “se trata de un proyecto marcado por el carácter innovador, ya que sirve de banco de pruebas para toda la investigación que hace la Universidad. Aún estamos en una fase muy prematura del proyecto, pero pronto tendremos nuestra primera moto lista para ponerla en pista y continuar mejorando y aprendiendo. Síguenos en esta aventura y sé participe del espíritu Nebrija. ¡Os esperamos!”.

Palmarés obtenido en la competición

Nebrija Power Wheelie es un equipo de reciente creación, por lo que todavía no ha tenido la oportunidad de participar en ninguna edición de MotoStudent, aunque se está preparando para ello.

Innovaciones tecnológicas

“El proyecto NPW, dentro de la Universidad, actúa como una plataforma de innovación, donde toda la investigación que hacemos alrededor del automóvil y la



Integrantes del equipo Nebrija Power Wheelie.

motocicleta coge forma. Es nuestro banco de pruebas para luego llevar todos los desarrollos a proyectos profesionales”, explican.

En este sentido, el proyecto NPW está alineado con los pilares más relevantes de investigación dentro de la Universidad: Inteligencia Artificial, Fabricación Aditiva y Sostenibilidad.

“Nuestra mayor parte de innovación está centrada en el desarrollo de componentes de alto valor añadido, haciendo uso de la inteligencia artificial y la fabricación aditiva. Estamos trabajando en un chasis impreso en 3D, presentado recientemente, que ha sido diseñado a partir de un entramado de algoritmos inteligentes, para conseguir una geometría muy disruptiva, con un peso reducido y con un performance en pista lo más óptimo posible”, señalan.

Esta línea de desarrollo de chasis con Inteligencia Artificial es uno de los pilares centrales de la Universidad y del proyecto. “El chasis es sólo el primer componente, ya que estamos trabajando en otros aspectos de la moto que puedan ser potenciados, gracias a nuestros algoritmos inteligentes: aerodinámica, dinámica, etc.”, indican.

“Además de la parte de innovación relacionada con la impresión 3D y la Inteligencia Artificial, desde Nebrija llevamos varios años trabajando en sistemas de recuperación de energía en vehículo, así como en modelos de simulación asociados a distintas arquitecturas de powertrain, basados en baterías y en pila de combustible. Ambos desarrollos representan una línea de trabajo consolidada en la Universidad, y que poco a poco vamos introduciendo en proyectos universitarios como el NPW, dentro del marco de la competición Motostudent”, destacan.

Patrocinadores actuales

El equipo Nebrija Power Wheelie cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid como patrocinador, además de empresas y entidades como Managing Composites, Altair, Motofil, Trumpf y Gotenman.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Nebrija Power Wheelie cuenta en estos momentos con una decena de alumnos de la Universidad.



Campus de Princesa. Universidad Nebrija.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Para el equipo, “el reto más cercano es el de participar en MotoStudent. Es un equipo de reciente creación que, como consecuencia de la pandemia, no hemos tenido aún la oportunidad de participar en ninguna edición de esta prestigiosa competición”.

“Más allá de MotoStudent, el proyecto NPW es innovación en sí mismo, por lo que todo nuestro roadmap gira en torno

a ello. Tenemos en el horizonte distintos retos tecnológicos, que debemos madurar y consolidar en pista real, por lo que nuestra visión de futuro está centrada en estas líneas de trabajo que se han iniciado gracias a MotoStudent, pero que tienen implicaciones profesionales”, indican.

En este sentido, los próximos proyectos del equipo, relacionados con el mundo del motociclismo, van dirigidos a tres líneas principalmente: moto comple-

ta desarrollada con inteligencia artificial y fabricada con impresión 3D, sistemas de recuperación de energía en motos y powertrain eléctricos-pila de hidrógeno.

Contacto del equipo

Iván Machado Pérez, e-mail: imachadop@alumnos.nebrija.es

Alberto Lindon Fernández, e-mail: alindon@nebrija.es

Sergio Cobera Caraballo, e-mail: scorbera@nebrija.es



ISC Racing Team

Universidad Pontificia Comillas.

Competición en la que participa: **MotoStudent** y **Formula Student**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El ISC Racing Team, anteriormente denominado ICAI Speed Club, es un equipo de estudiantes de Ingeniería de la Universidad Pontificia Comillas, con un objetivo: diseñar y fabricar dos prototipos eléctricos de competición.

El equipo nació en 2015, cuando por primera vez se participó en Moto Student Petrol. Sin embargo, en 2018, el equipo se sumergió en el mundo de la competición eléctrica de la mano de Iberdrola. En ese momento, se comenzó a desarrollar una motocicleta y un monoplaza de competición, ambos 100% eléctricos.

El equipo ha logrado una gran expansión desde su fundación, pasando de 20 miembros participantes a más de 120 asociados a día de hoy. Actualmente el ISC Racing Team busca ser la vía de formación hacia el mundo profesional de los alumnos inmersos en el proyecto.

“Nuestros objetivos principales, como equipo, son el aprendizaje y la completa inmersión en un proyecto de ingeniería real. Esto nos permite llevar a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos y preparar nuestro futuro profesional”, explica el equipo.

“Este 2022-2023 comenzamos nuestra tercera temporada dentro del ilusional mundo de los prototipos eléctricos, con la ilusión de dar a luz la mejor motocicleta eléctrica jamás conocida. Dentro del ISC, tenemos siempre presentes nuestra misión, nuestra visión y nuestros valores. Son lo que nos hace ser quienes somos y lo que nos empuja a seguir creciendo más que nunca”, indican.

Misión: ser una plataforma de aprendizaje, innovación y talento tanto para estudiantes universitarios como para empresas.

Visión: con vistas al futuro, el equipo busca ser clave e influir en el constante cambio en el que está sumida la sociedad. “Para ello confiamos en ser participantes de la transformación 4.0 y motor de



Equipo ISC Racing Team (ISC-MS) con su prototipo.

la electrificación en términos de movilidad, apostando por la sostenibilidad, la innovación y el talento joven”, señalan.

Valores: para alcanzar sus objetivos, el equipo confía en sus cinco pilares, como son el compromiso, el esfuerzo, la sostenibilidad, la innovación, y la pasión.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo ISC Racing Team participa en las competiciones de MotoStudent Electric, Formula Student Spain Electric y Formula Student Italy Electric.

El palmarés con el que cuenta el equipo es el siguiente:

- Moto Student 2019: 4º Premio en Proyecto Innovación.
- Moto Student 2021: 1º Premio Prueba de Frenado.
- Formula Student 2021: 2º Premio Business Plan.

Innovaciones tecnológicas

Las estructuras de MotoStudent y Formula Student dentro del ISC Racing Team tienen sus departamentos propios de innovación.

ISC-MS

El equipo retomará proyectos de innovación de la pasada temporada, entre ellos una moto con Inteligencia Artificial (IA) implementada, que transmite telemetría de forma auditiva al piloto, y este puede interactuar con ella mediante comandos de voz. Estos dos años, además, se plantean como una oportunidad única para desarrollar ideas que necesitan más tiempo de maduración.

ISC-FS

La mayoría de los departamentos cuentan con una sección de I+D destinada al estudio de mejoras para introducir a medio plazo, con vista a dos temporadas. En el departamento de chasis, se comienza a valorar la aplicación de materiales compuestos. En el de baterías, se estudia la introducción de un freno regenerativo y el uso de supercondensadores.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), además de empresas y entidades como Iberdrola, Cesvimap, Línea Directa, NTN-SNR, Global Communication, IBM,



Prototipo del equipo ISC-FS, preparado para competir.

Valmoldes, Teyde, Saargummi, Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI, Galfer, y NG Brake Disc.

Estructura y miembros del equipo

El equipo cuenta con cerca de 90 miembros, todo ellos estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El ISC Racing Team tiene una visión única de proyecto, pero para este apartado distinguiremos los proyectos a futuro técnicos”, señalan.

ISC-MS

La competición de MotoStudent sigue un modelo bianual, por lo que, desde hoy, estamos ya preparando la competición del verano de 2023. Los objetivos que se plantean para la primera parte de esta nueva etapa son los siguientes:

Nueva Plantilla

Tras el gran éxito de esta generación de MotoStudent, inevitablemente el curso natural de la vida académica ha derivado en una regeneración del equipo. El primer objetivo a corto plazo es que la nueva plantilla se pueda incorporar al equipo, y que la base de conocimientos y experiencias que se ha adquirido estos últimos se transmita al máximo.

Reestructuración y Planificación

Junto al relevo generacional, se va a aprovechar para realizar una ligera reestructuración de departamentos para optimizar procesos, tanto de diseño como de fabricación, ajustando todo para obtener una planificación más eficiente.

Desarrollo I+D

Se van a retomar proyectos de innovación de la pasada temporada, entre ellos una moto con IA implementada, que transmite telemetría de forma auditiva al piloto y este puede interactuar con ella mediante comandos de voz. Estos dos años, además, se plantean como una oportunidad única para desarrollar ideas que necesitan más tiempo de duración.

ISC-FS

La competición de Formula Student sigue un modelo anual, por lo que, desde hoy, estamos ya preparando la competición del verano de 2022. Además, aspiramos a poder acudir a varios eventos de Formula Student por Europa, aparte de Formula Student Spain.

Los objetivos que se han fijado para esta temporada son los siguientes:

Relevo generacional

El equipo ha dado un paso adelante en términos organizativos. Con la reestructuración de la directiva técnica, se han afianzado el conocimiento y la experiencia de los miembros más veteranos. Además, hemos dado la bienvenida a numerosos nuevos alumnos que vienen a aportar su compromiso, esfuerzo y talento.

Evolución, no revolución

La línea de desarrollo técnico de esta temporada apuesta por la continuidad. El IFS-04, nuestro monoplaça, será una evolución continuista de su predecesor, con un paquete de mejoras innovadoras en campos como aerodinámica, baterías, refrigeración o electrónica. Con esta visión, se pretende tener un coche funcional el mayor tiempo posible, para poder

exprimirlo en pista y obtener datos de telemetría para optimizar tanto la especificación actual como las nuevas mejoras.

Desarrollo I+D

La mayoría de los departamentos cuentan con una sección de I+D destinada al estudio de mejoras para introducir a medio plazo, con vista a dos temporadas. En el departamento de chasis, se comienza a valorar la aplicación de materiales compuestos. En el de baterías, se estudia la introducción de un freno regenerativo y el uso de supercondensadores.

Team leader (jefe de equipo)

El ISC es un equipo multidisciplinar de la Universidad Pontificia Comillas, centrado en la innovación y desarrollo en la movilidad sostenible mediante el diseño y desarrollo de dos prototipos de competición totalmente eléctricos.

El equipo busca dar una experiencia a sus asociados de inmersión completa, en un proyecto de ingeniería real sin ser aún graduados. Todo ello con el objetivo de formar a sus integrantes para su futuro profesional.

Como puntos fuertes y diferenciadores se puede destacar lo siguiente:

- Los proyectos de Formula Student y MotoStudent han sido unificados para aprovechar las sinergias de ambos. En vez de presentar dos asociaciones distintas, el ISC se organiza como una única asociación, con dos proyectos técnicos distintos, cada uno con su propio organigrama interno en función de las necesidades de cada uno.

- El ISC presenta un organigrama tipo empresarial, con un área de gestión formada por los departamentos financiero, marketing y comunicación, alianzas estratégicas, operaciones y logística. Estos distintos departamentos dan apoyo a las dos ramas principales: el equipo ISC-MotoStudent e ISC-Formula Student.

- El ISC está formado por estudiantes de distintas ramas del conocimiento, lo que aporta más riqueza y más oportunidades de crecimiento.

Contacto del equipo

Presidente: Santiago Hernández Pasquín; e-mail: direccion.isc@clubisc.com
 Team Leader de MotoStudent: Joaquín Rubio Fernández, e-mail: motostudent@iscracing.com
 Team Leader Formula Student: Pablo Moncho Pérez, e-mail: formulastudent@iscracing.com.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

UMA Racing Team

Escuela de Ingeniería Industriales. Universidad de Málaga.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Colegio promotor:



Propulsión (categoría): eléctrica.

Historia del equipo

El UMA Racing Team nació en 2008 para competir en la primera edición de la competición internacional MotoStudent. Desde entonces se han diseñado y fabricado 6 modelos de motocicleta (3 de combustión y 3 eléctricas), consiguiendo éxitos en todas las ediciones de esta competición.

Para cada edición de la competición se ha constituido un equipo formado por estudiantes de varias titulaciones, principalmente de la Escuela de Ingenierías Industriales de Málaga, pero también de otras titulaciones. Los integrantes han desarrollado su capacidad de creación e innovación y la habilidad para aplicar directamente sus capacidades técnicas a los prototipos desarrollados.

El trabajo del equipo ha sido tutorizado por dos profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga (UMA). Asimismo, profesorado experto en aspectos relacionados con el diseño del prototipo y el proyecto industrial también han colaborado habitualmente con el equipo.

“UMA Racing Team sigue orientando su actividad a seguir evolucionando y desarrollando motocicletas, teniendo implementadas nuevas mejoras, que se testean en varias sesiones de pruebas en circuito. Encaminados hacia la excelencia, se apuesta por potenciar el desarrollo profesional de los integrantes y la calidad de su trabajo, siendo el grado de especialización obtenido, gracias a esta experiencia, muy elevado en este sector”, explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo UMA Racing Team cuenta con el siguiente palmarés en la competición de MotoStudent:

1º BEST ELECTRIC MS2 (pruebas dinámicas + carrera) 2021.

1º BEST MOTOSTUDENT ELECTRIC 2018.



Equipo UMA Racing Team con su prototipo.

1º BEST ELECTRIC MS2 (pruebas dinámicas + carrera) 2018.

2º BEST ELECTRIC INNOVATION 2018.

3º BEST INDUSTRIAL PROJECT 2018.

4º BEST DESIGN 2018.

2º BEST INDUSTRIAL PROJECT 2016.

2º BEST DESIGN 2016.

12º BEST INDUSTRIAL PROJECT 2012.

1º BEST DESIGN 2010.

En 2019, el equipo participó en una nueva categoría de motos eléctricas dentro del CIV (Campeonato Interautonómico de Velocidad), en la que también se ganó el título. Esa categoría solo se realizó durante ese año 2019.

Innovaciones tecnológicas

“En todos estos años de participación, el equipo ha conseguido unas destacables innovaciones tecnológicas, ya que la propia organización estimula la creatividad mediante la incorporación de un apartado con una puntuación elevada, en la que los alumnos deben proponer una innovación relevante”, señalan.

Esto hace que uno de los objetivos del grupo en sus reuniones sea fomentar la aportación de ideas nuevas, sistemas, gadgets, y controles, que pudieran ser aplicados al mundo de las dos ruedas. Este funcionamiento autónomo, aunque siempre vigilado por los tutores, ha contribuido a que sean los propios estudiantes los que hayan tomado la iniciativa y hayan aportado soluciones, muy innovadoras en algún caso, a las dificultades encontradas. Prueba de ello es el desarrollo de varias patentes y sistemas propuestos en ediciones anteriores:

- Sistema de dirección con geometría variable. ES 2523391 (25/11/2014).

- Injection nozzle for the aerodynamic improvement of vehicles. WO 2013/098438 (04/07/2013).

- Sistema de comunicaciones mediante gafas de realidad aumentada.

Además, el equipo ha desarrollado soluciones novedosas para el almacenamiento de energía, como una batería de celdas de polímero de litio, donde las conexiones se hacen mediante una placa de circuito impreso que mejora la organización y la lectura de los valores de voltaje y temperatura.



Prototipo del equipo UMA Racing Team en la competición de MotoStudent.



“También se han desarrollado diseños propios del Sistema de Gestión de Batería (BMS) y se está desarrollando la electrónica de control para la gestión del motor. Todo ello ha hecho que el prototipo de motocicletas eléctricas, que se han desarrollado en estas últimas ediciones, sea de las más robustas y eficientes entre todos los participantes”, afirman.

Patrocinadores actuales

El equipo UMA Racing Team cuenta con diversas empresas y entidades patrocinadoras, como LINK BY UMA-ATECH, PCE Instruments, Galfer, Melasta y YSS Suspension. Además, cuenta con el apoyo del Colegio Oficial de Peritos e

Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga (COPITIMA).

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo se estructura en diversos departamentos de trabajo, entre los que se encuentran los de Mecánica, Electrónica, Comunicación, Proyecto Industrial, etc., y está integrado por cerca de 40 alumnos de la Universidad de Málaga, cuyo team leader es Agustín Escalera Zamudio.

Además, cuenta con dos profesores tutores: Juan Antonio Cabrera Carrillo y Juan Jesús Castillo Aguilar, así como con varios colaboradores (Juan María Velasco García, Javier Pérez Fernández, Manuel Gonzalo Alcázar Vargas, Ignacio Sánchez

Andrades, Idelfonso Francisco García Martínez y Manuel García Troya, todos ellos de la UMA.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El equipo UMA Racing Team seguirá participando en la categoría eléctrica de la competición internacional MotoStudent, de cara a la próxima edición de octubre de 2023. El equipo sigue en constante crecimiento y renovación, contando con miembros veteranos que guían a los nuevos integrantes”, indican.

Además, el equipo está abierto a participar en otras competiciones, tanto nacionales como internacionales, en la categoría de motocicletas eléctricas.

Otro de los proyectos de futuro es el diseño y fabricación de un kart eléctrico de competición para participar en un nuevo campeonato de karts eléctricos denominado Open España Ekarting.

Team leader (jefe de equipo)

La amplia experiencia del equipo en el diseño, construcción y puesta a punto de motocicletas eléctricas es el principal punto fuerte del equipo, consiguiendo cada vez motocicletas más rápidas y fiables. La principal aspiración del equipo es volver a ser campeones en MotoStudent, lo que significaría que el equipo sigue siendo puntero a nivel internacional.

“Nuestra evolución se refleja en que año tras año hemos conseguido aumentar nuestra financiación gracias tanto a la Universidad de Málaga (a través del proyecto K-Project, el Departamento de Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos, y la Escuela de Ingenierías Industriales), como a empresas, tales como Galfer, PCE Instruments, Melasta, o YSS Suspension, entre otras”, señalan.

“El equipo siempre está abierto a recibir nuevos patrocinios, ya que, aunque ha obtenido unos éxitos demostrados, su presupuesto está entre los más bajos de los equipos que compiten. Esto hecho demuestra cómo el equipo es capaz de optimizar los recursos que obtiene, además de tener un ‘think tank’ que ha demostrado estar entre los más competitivos y eficaces de la competición a lo largo de estos años”, concluyen.

Contacto del equipo

Equipo UMA Racing Team; e-mail: racingteam@uma.es

Tutores: Juan Antonio Cabrera Carrillo y Juan Jesús Castillo Aguilar, e-mail: jcabrera@uma.es juncas@uma.es



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Dynamics UPC Manresa

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM). Universitat Politècnica de Catalunya.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:

ENGINYERS MANRESA



Historia del equipo

Dynamics UPC Manresa nació en 2015 como una asociación formada por un grupo de estudiantes que querían llevar a cabo el sueño de fabricar un monoplaza de estilo Formula, con el que poder competir a nivel internacional en la competición Formula Student.

En tan solo un año fueron capaces de diseñar, fabricar y presentar el DYN-01. "Nuestro primer monoplaza, un logro del que pocos equipos pueden fardar; el hecho de poder lanzar un prototipo en tan solo un año. Solo dos años más tarde, Dynamics logró ser el segundo mejor equipo de la edición holandesa de la Formula Student 2018, en la categoría de combustión. El objetivo del equipo, además de la creación de un monoplaza año tras año, también es poder transmitir a los estudiantes nuevos conocimientos y situaciones en las que se encontrarán en un futuro como ingenieros. Además, les ayuda a complementar los estudios y aplicar todo lo aprendido de manera visual y funcional", explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El palmarés obtenido por el equipo Dynamics UPC Manresa es el siguiente:

- 3ª posición en "Cost and Manufacturing", en combustión FSS 2021.
- 2ª posición general en combustión FSN 2018.
- 2ª posición en eficiencia en combustión FSN 2018.
- 2ª posición en prueba de resistencia en combustión FSN 2018.
- 2ª posición en prueba de "Business Plan" en combustión FSN 2018.

Innovaciones tecnológicas

Los principales objetivos e innovaciones que se plantea el equipo durante esta la temporada 2021-2022 es llevar a cabo una "gran evolución ingenieril". Actualmente el equipo trabaja en la fabricación



Equipo Dynamics UPC Manresa al completo.

de su sexto monoplaza el DYN-06. Las innovaciones principales que se tienen pensadas para esta nueva temporada recaen sobre los cinco departamentos principales del equipo.

Por el lado de la aerodinámica, Dynamics UPC Manresa quiere optimizar al máximo su paquete, "pudiéndolo adaptar al máximo a las exigencias de los trazados de Formula Student".

Por parte del grupo de dinámica, "queremos optimizar nuestra geometría de suspensión y mejorar nuestra capacidad de poder tomar las curvas a mayor velocidad. En cuanto al grupo motor, la intención es sacar aún más provecho a nuestro mono-cilíndrico KTM, llegando a doblar la potencia actual con un mapa motor más estudiado, y una admisión sometida a una evolución en lo que a diseño se refiere", señalan.

Por la parte de chasis, el equipo ha reforzado su zona trasera para poder evitar posibles pandeos y fallos, debido al gran par que ejerce el motor sobre sus anclajes, optimizando y simulando la estructura tubular de acero, y adaptándola a las exigencias que demanda el grupo de dinámica vehicular. Finalmente, por parte del departamento de electrónica, se ha optado

por mejorar toda la instalación eléctrica, haciendo uso de técnicas más profesionales y derivadas directamente del mundo del motorsport profesional, para poder ganar fiabilidad y seguridad en su monoplaza. Además, se ha trabajado en mejorar su sistema de telemetría para poder ayudar al grupo de dinámica y lograr un Set-up todavía más óptimo.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con numerosos patrocinadores en estos momentos, entre los que se encuentra el Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Manresa (CE-TIM), Enginyers Manresa. En el apartado de empresas e instituciones, cuenta con el patrocinio de Modelfusa, Funderia Condals, DEM, Oliva Torras, Nexus, Schaeffler, Madit, SBG, Mel Composites, Pirelli, AluNID, Masats, Gurit, Nou Motor, Brown Tailor, AFM, Pintura Industrial Mestres, AsorCAD, Enginyers Industrials Catalunya, NG Brake Disc, VilàVila, Cartec, Neofluid, Eurecat, CFP, ARaymond, Applus Idiada, Generalitat de Catalunya, Can Padró, Schroth, Artein, Doga, Macsa ID, Norelem, Textreme, Coelectrics, Barbaroja, Resineco, Printdossier, Tormetal, Torrents Auto-



Prototipo del equipo Dynamics UPC Manresa en la competición Formula Student.

color, Recam Bages, Canart, Tejidos Bages, Pulidos Gomez, Chassissim, J Juan, Forminsa, BigHead, Altair, Ansys, Solidworks, Mathworks, AVL, Brassa, HP y Pinturas Mollà.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Dynamics UPC Manresa cuenta con dos team leaders, Joan Jamilà Casanova y Viktor Vladislavov Angelov, así como con varios coordinadores técnicos: Raul Aldana Caballero, Giuliano Bricco, Joan Romero Cordón, Alexandre Palomeras Gulobiatnikov y Ricard Majada Mena. También cuenta con dos coordinadores de gestión: Carlos Muñoz Aragón y Pere Puntí Buixaderas. El equipo está compuesto, además, por otros 27 integrantes.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

En la actualidad, el equipo tiene varios proyectos entre manos, que prevén que sean de un gran impacto en su evolución a nivel de Ingeniería. "Destacamos el abandono del chasis tubular de acero para pasar a utilizar un monocasco de fibra de carbono, apostando por los materiales compuestos, y así poder lograr una optimización y reducción de peso, que implicarán una mejora considerable en nuestro rendimiento, indican.

Por parte del departamento de "Powertrain", el equipo lleva un par de



Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM).

años estudiando la viabilidad de poder incorporar un tren de potencia totalmente eléctrico, para sus futuros monoplazas. "Es un tema delicado, en el que intervienen diferentes ecuaciones, y que debemos solventar antes de poder iniciar nuestro camino en el mundo de la competición eléctrica", señalan.

Y añaden: "Por otro lado, sabemos que la industria de la automoción, además de enfocarse en el ámbito eléctrico, también apuesta por tener coches cada vez más autónomos, por lo que nuestro equipo ha empezado a estudiar también la viabilidad de poder presentar en las próximas temporadas un monoplaza capaz de correr de manera totalmente autónoma".

Team leader (jefe de equipo)

"Dynamics es un equipo joven, que ha demostrado que pese a su corta trayec-

toria puede luchar por grandes aspiraciones. En la última edición de la Formula Student Spain, celebrada en el circuito de Catalunya, nos consolidamos como el tercer mejor equipo de combustión nacional y el mejor equipo de combustión catalán. También fue el único equipo catalán que terminó todas las pruebas dinámicas de una competición a lo largo de todo el verano", afirman.

"Gracias al equipo, los estudiantes consiguen desarrollar nuevas virtudes y capacidades como el trabajo en grupo, la capacidad de solucionar problemas de manera rápida y efectiva teniendo en cuenta el capital, mejorar su contacto con las empresas del sector, mejorando la comunicación entre diferentes departamentos implicados en un mismo proyecto, ser previsores con los diversos errores, y finalmente la más importante, lograr mostrar cómo será su futuro como ingeniero y con qué dificultades se encontrarán en el día a día", explican.

En cuanto al tema económico, destacan que "hoy en día somos un equipo con un presupuesto muy escaso, pero que no nos limita para poder dar guerra a los grandes equipos. Uno de los valores que intentamos inculcar, los más veteranos a los más jóvenes, es el hecho de que el dinero no lo es todo, que deben saber reinventarse con los recursos que tiene el equipo y deben aprender a reciclar componentes de cada uno de los monoplazas; es por ello que no conservamos ningún monoplaza de manera íntegra, sino que destinamos todos sus componentes, aún funcionales, a la fabricación del siguiente. De esta forma creemos que podemos enseñar a manejar de mejor forma los recursos que puede tener una empresa y aprender a no malgastar las inversiones que hacen nuestros patrocinadores".

Para concluir, señalan que "bien es cierto que para poder evolucionar y cumplir los objetivos que tiene el equipo, debemos incrementar nuestro presupuesto económico. El hecho de desarrollar un monoplaza eléctrico o autónomo implica un presupuesto superior a lo que es construir uno de combustión; por ello estamos en busca de nuevos patrocinadores que quieran apoyar nuestro proyecto y apostar por el futuro de la ingeniería y, sobre todo, de la automoción".

Contacto del equipo

Team leader: Viktor Vladislavov Angelov;
e-mail: president@dynamicsupcmanresa.com



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Synergy Racing Team

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): fuel.

Colegio patrocinador:

INGENYERS | MANRESA

COL·LEGI PROFESSIONAL | ASSOCIACIÓ
INGENYERS TÈCNICS INDUSTRIALS | GRADUATS
MANRESA | CATALUNYA CENTRAL

Historia del equipo

El equipo nace en 2017, en la UPC Manresa, donde unos jóvenes estudiantes de Ingeniería de automoción, deciden emprender un proyecto combinando "ingenio y pasión". Mediante la ayuda proporcionada por la Escuela y el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Manresa, Enginyers Manresa (CETIM), consiguen inscribirse en lo que sería la primera competición para el equipo, la VI edición de MotoStudent.

Con entusiasmo e ingenio se dedican a diseñar el primer prototipo del equipo, y de forma paralela realizan tareas diversas, como la búsqueda de patrocinadores, que apoyen el proyecto. Después de una dura pandemia, que hizo retrasar la competición, consiguieron alcanzar su principal objetivo: poder completar un prototipo de moto desde cero. Así es como en julio de 2021, llegan al circuito de Motorland, señalan.

"Después del *feedback* del piloto sobre la moto, seguiremos desarrollando innovaciones, tanto para la ergonomía de la moto, como en la dinámica y geometría del prototipo, donde esperamos poder hacernos con el premio a mejor innovación", expresan.

Palmarés obtenido en la competición

Diferentes equipos, procedentes de diferentes países acuden a dicho evento internacional. Synergy se consolida con una posición a media tabla, del total de 37 equipos participantes. "Nuestro equipo se define como un equipo luchador, donde sus componentes trabajan duro y con entusiasmo, para dar a Synergy el puesto que se merece", afirma el equipo.

Innovaciones tecnológicas

El equipo de Synergy Racing Team ha participado en la sexta edición de la competición MotoStudent, donde consiguieron el puesto 21, de 37 participantes, en la categoría de combustión. Actualmente, es el primer equipo inscrito en la VII edición de MotoStudent, en la sección de Petrol.



Equipo Synergy Racing Team con su prototipo.

El equipo de Synergy Racing Team cuenta con el apoyo del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Manresa (CETIM), Enginyers Manresa, como patrocinador, además de otras empresas y entidades como Oliva Torras Grup, Alquiber Renting Flexible, INELCA, Pirelli, Endy Exhaust Systems, Prometal 3D, Ciry Garage, Jef Motos, Polpisa, NG Brake Disc, Maquina Motors, Pentex y Altair.

Patrocinadores actuales

El equipo de Synergy Racing Team está formado por estudiantes de la UPC Manresa, de diferentes ingenierías, entre

Estructura y miembros del equipo de competición

ellas: Ingeniería del Automóvil, Ingeniería Automática Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería de Sistemas TIC e Ingeniería Mecánica.

"En el equipo tenemos un team leader, Arnau Sancho Darch; un vicepresidente, Aidan Bisbal Binefa; un tesorero, Àlex Faulón Tort, y una secretaria, Aina Fanals Ramis. Por otra parte, el equipo se divide en diferentes departamentos, y en cada uno de ellos hay un encargado", explican.

En el departamento de Frame están Arnau Sancho, Francisco Dedieu y Pol Puiggró. En el departamento de Powertrain y electrónica, Joan Fanals, Joan Vilardaga, Joan Sebastià Márquez y Samuel Pinzelli. En el departamento de Aerodynamics, Aidan Bisbal, Víctor Miró y Rubén Aizpuru. En el departamento de Dynamic, Oriol, Joan Trilla, Abel Bartolome y Rubén Moreno. En el departamento de Sponsorship Management, Aina Fanals, Anna Serra, Àlex Faulon y Joan Vilardaga. Cabe nombrar también al piloto del equipo, que compitió en la VI edición de MotoStudent, Saul Sánchez.

Por último, señalan que "nuestra metodología de trabajo consiste en el método Sprint, en el que se encargan pe-



Prototipo del equipo Synergy Racing Team, el número 28, en la competición MotoStudent.



Edificio de la EPSEM.

queñas cargas de trabajo, en períodos cortos de tiempo”.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“En Synergy Racing Team siempre tenemos una ambición por poder alcanzar nuestro máximo rendimiento y dar lo mejor de nosotros; es por eso que formamos a nuestros nuevos integrantes para que así puedan formar parte activa del proyecto desde el principio de la fase de diseño. Fomentamos la creatividad de los miembros, y valoramos y estudiamos todas las propuestas para intentar desarrollar el prototipo más óptimo posible”, afirman.

El equipo se está preparando para la siguiente edición de MotoStudent, que permita al equipo alcanzar su mejor posición hasta la fecha.

“Synergy encara el futuro con muchos ánimos, y con ganas de poder innovar en el sector. La previsión a corto plazo es poder desdoblarse el equipo para así poder tener 2 subequipos, y que cada uno pueda participar en un sector diferente,

en el de las motos de combustión y en el de las motos eléctricas. Synergy busca poder electrificarse, para poder desarrollarse como un equipo más completo aún”, indican.

“Recientemente hemos estado valorando la posibilidad de participar en diferentes competiciones del mismo estilo que MotoStudent, para poder utilizar el mismo prototipo y desarrollarlo aún más con el feedback del piloto, compitiendo contra otros equipos”, señalan.

Esta nueva competición se define como un proyecto innovador, que permite innovaciones entre las carreras de la misma temporada, para así llegar a un prototipo optimizado a final de año.

Team leader (jefe de equipo)

SYNERGY Racing Team es un equipo nuevo y lleno de ambiciones. Aunque la historia empezó en 2017, este último año, con motivo de la primera competición, retrasada debido al COVID-19, SYNERGY acaba siendo una gran familia, donde la idea principal se centra en la creación y el desarrollo de un prototipo “que nos

pueda llevar a circuitos y competiciones, y donde desarrollar nuestras capacidades analíticas, de diseño y creación”.

“La oportunidad de crear una asociación con un grupo de aficionados al motor y a la ingeniería, representar empresas y poder llevar a cabo las ideas que parecen insolubles al principio, une este equipo para seguir innovando y creando una motocicleta mejor, competición tras competición. Pensamos que es única y aprovechar al máximo este privilegio nos hace sentir afortunados”, expresan.

“Esta será nuestra segunda competición, y las ambiciones son mucho más grandes que en la primera. Queremos llevar un prototipo rápido y veloz, crecer en profesionalidad, involucrar más y novedosas técnicas de creación, también de diseño y fabricación, que más empresas ayuden al proyecto y, en definitiva, crear un prototipo que represente a cada miembro y del cual sentirse orgulloso”, afirman.

Y añaden: “Acción conjunta de varios órganos en la realización de una función. Esa es la definición por excelencia de sinergia, nuestro nombre de equipo. Es la sinergia la que nos une y la que nos hace crecer día tras día, reunión tras reunión. Sabemos que sumando los esfuerzos de los miembros, y las ayudas de empresas y entidades, podemos llegar a sitios que jamás habríamos pensado”.

“Sabemos que llegando a más personas y consiguiendo más patrocinios, haremos crecer un proyecto que nos une y que hace de los estudiantes de SYNERGY, una entidad que habilita a sus integrantes a estar más cerca de sus sueños y ambiciones. El afán de superación y el objetivo de llegar a MotorLand en otoño del 2023, con un prototipo digno de admirar, hace que sigamos adelante y no nos alejemos del trabajo que hay que hacer”, indican.

“Por eso, también la ayuda de empresas y entidades que contribuyan a hacer crecer el proyecto son señales de un trabajo bien hecho, y significan más oportunidades de crecimiento; así que animamos a esas empresas o entidades, que quieran unirse al proyecto, a contactar con nosotros y a desarrollar un camino conjunto donde convertir nuestras ideas y sueños en algo tangible, donde crecer tanto profesional como personalmente”, concluyen.

Contacto del equipo

Team Leader: Arnau Sancho; e-mail: synergyracingteam@gmail.com



ETSIIT Upna Racing

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación (ETSIIT). Universidad Pública de Navarra (UPNA).

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

Tras conocerse el nacimiento de MotoStudent, una competición innovadora entre estudiantes de todo el mundo, los alumnos apasionados del mundo del motor y de la ingeniería de la UPNA se unieron para hacer frente a ese desafío. Inicialmente, el equipo compitió en la categoría Petrol, quedando primeros en la categoría de Mejor Proyecto Industrial, en la primera edición de la competición.

Después de tres ediciones en la categoría Petrol, se decidió dar el salto a la categoría Electric, que se encontraba en pleno auge. "Con las adaptaciones necesarias, se consiguió llegar a un prototipo eléctrico competitivo, que participó en la pasada VI edición, tanto en MotorLand Aragón, como en el Autódromo Enzo e Dino Ferrari, en la recién estrenada competición de Moto Engineering Italy, consiguiendo buenos puestos en varias de las pruebas", explica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo ETSIIT Upna Racing participa en las competiciones de MotoStudent y Moto Engineering Italy.

Su palmarés es el siguiente:

- Primer puesto en la categoría de Mejor Proyecto Industrial, en la I edición de MotoStudent.

- 3º en handling, en Moto Engineering Italy.

- 3º en frenada, en Moto Engineering Italy.

Innovaciones tecnológicas

"Diseñar y construir una moto eléctrica desde cero es un gran desafío, ya que su estudio no se encuentra tan desarrollado como el de una moto convencional. Nuestro principal reto en el diseño se basó en que, debido a las características del motor eléctrico, no íbamos a poder sacarle el máximo rendimiento en todas las pruebas que se proponían en las



Equipo ETSIIT Upna Racing con su prototipo.

competiciones (aceleración, maniobrabilidad, frenada, etc.)", señalan.

La solución propuesta fue implantar una caja de cambios que aprovechara el par del motor en arranques, y permitiese coger velocidades más altas después. "Como queríamos que la moto fuese lo más maniobrable posible, en vez de colocar un sistema de embrague convencional que es voluminoso y aporta peso, se diseñó un sistema de cambio semiautomático de funcionamiento similar a los quickshifter ya implementados en motos de competición, pero accionado de manera electrónica", indican.

"Tanto esto, como el hecho de que el proceso de fabricación seguido haya sido lineal y de dentro hacia afuera, nos permitió desarrollar un prototipo pequeño y muy manejable, con unas tolerancias de fabricación calculadas al detalle", explican.

Patrocinadores actuales

El equipo ETSIIT Upna Racing cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra (CITI Navarra) como patrocinador, además de empresas y entidades como Talleres Atondoa, Enpa engranajes, Iname,

Cenasa, Transformados Ruiz, MUPO, SKF, Chapa y Pintura Talleres San Fermín, Circuito de Navarra, NG Brake Disc, Federación Navarra de Motociclismo, MS Competición, Serigrafías Redín, Ferrería Irigaray, Puro Racing, Natronic, Solidworks, ANSYS, NAITEC (Prof. Txus Pintor) y Cátedra Industria 4.0 (Prof. Antonio Rodríguez).

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está organizado en 3 departamentos, y liderado por la figura de team leader, que corresponde a Iñaki Alzugarren. Los departamentos en los que se sustenta son los siguientes: departamento Mecánico (liderado por Daniel Redín), departamento Eléctrico y Electrónico (liderado por Iñigo Hermoso de Mendoza) y departamento de Administración (liderado por Patricia Iriarte).

"Al tratarse de un proyecto muy completo, los 3 departamentos son igual de importantes, ya que no es posible sacar adelante el proyecto si alguno de ellos no funciona correctamente. Después, lógicamente, se han hecho subdivisiones dentro de cada departamento, con la idea de que la cosa esté mejor organi-



Prototipo del equipo ETSIIT Upna Racing en plena competición.

zada y que la comunicación entre los diferentes aspectos del proyecto sea más sencilla”, afirman.

Cabe destacar también la multidisciplinariedad con la que cuenta el equipo, que tiene un número importante de personas con perfil técnico (ingenieros de la rama industrial, mecánicos, de telecomunicaciones, eléctricos y electrónicos, informáticos, etc.), al igual que alumnos con un perfil más dirigido a la gestión de empresas, como pueden ser los estudiantes de ADE.

“Con esto, podemos decir que contamos con un equipo muy completo, capaz de afrontar cualquier reto que se nos planteen”, destacan.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El proyecto MotoStudent es muy ilusionante para cualquiera que vaya a tomar parte en él, ya que, para muchos, se trata de la primera oportunidad que tienen para enfrentarse a problemas reales fuera de su entorno académico, donde, como todos sabemos, las cosas no son como las que nos ocurren en el mundo real”, señalan.

El equipo se encuentra con muchas ganas de trabajar y se plantean objetivos muy ambiciosos. “La moto de la pasada edición estuvo muy bien diseñada a nivel mecánico, pero hubo ciertos problemas con la parte eléctrica que impidieron sacar el máximo partido a la moto. Así, para esta nueva edición, se ha decidido reforzar mucho el departamento eléctrico y electrónico, y pode-

mos decir que hoy por hoy contamos con un grupo excepcional en este departamento, que seguro serán capaces de obtener el máximo rendimiento de la moto”, afirman.

Por otro lado, el equipo indica que “nos gustaría poder hacer una moto que fuese competitiva y capaz de liderar alguna de las pruebas con las que cuenta la competición. Sabemos que la competencia es muy grande y que tenemos muchas universidades con un presupuesto muy superior al nuestro, pero eso nos anima aún más a intentar construir la mejor moto posible dentro de los recursos con los que contamos”.

“Por otro lado, tenemos la idea, y creemos que también la responsabilidad, de promover la electrificación del transporte y de la movilidad eléctrica, ya que con la actual situación climática es de gran importancia. El proyecto Motostudent puede ser una manera de acercar este pensamiento a sectores de la sociedad que no estén tan concienciados con esta causa, y demostrarles que una moto eléctrica puede ser igual de divertida de conducir que una moto de combustión, pero con una emisión de CO₂ nula”, concluyen.

Team leader (jefe de equipo)

“Tal y como se ha ido mencionando en los anteriores apartados, esta edición contamos con un equipo de personas de muy buen perfil académico y con muchas ganas de trabajar y enfrentarse a nuevos retos, por lo que en ese sentido no podríamos estar más contentos”, señalan.

“Por otro lado, la idea está clara. Ser capaces de hacer una moto que aspire a lo máximo en la competición. Para ello, será necesario invertir un gran número de horas, pero gracias a la motivación del equipo, esto no será ningún problema en absoluto. Además, este tipo de proyectos incentivan el trabajo en equipo, ya que es imposible que una moto diseñada por partes independientes acabe funcionando correctamente. Así, nos servirá como un entrenamiento real para cuando lleguemos a una empresa y tengamos que aplicar todos los conocimientos aprendidos al realizar este proyecto”, afirman.

Por otro lado, el equipo cuenta con el respaldo de varias empresas patrocinadoras, “sin las cuales, este proyecto no sería posible, por lo que queremos aprovechar este espacio para agradecerles la confianza que han depositado en nosotros. Además, abrimos la puerta para que cualquier empresa interesada en el proyecto se ponga en contacto con nosotros, ya que siempre habrá un hueco para la colaboración, de modo que ambas partes consigamos algo beneficioso a cambio”.

Para concluir, el equipo señala que “lo que podemos prometer es que trabajaremos lo más duro que podamos para que esta moto salga adelante, y que el objetivo final será intentar conseguir el mejor resultado posible en la competición”.

Contacto del equipo

Team leader: Iñaki Alzuguren Larraza;
e-mail: upnaracingofficial@gmail.com



ARUS Andalucía Racing Team

Universidad de Sevilla.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): **fuel y eléctrica**.

Colegio patrocinador:



Colegio Oficial de
Graduados e
Ingenieros Técnicos
Industriales de Sevilla

Historia del equipo

“El equipo fue fundado en 2012 por un grupo de ambiciosos estudiantes, que desarrollaron desde cero el primer vehículo de combustión del equipo durante 2 años. Más adelante, en 2016, se comienza el desarrollo simultáneo de un monoplaza eléctrico. Actualmente nos encontramos en una nueva fase de investigación sentando las bases de un tercer prototipo, en este caso, driverless”, explica el equipo ARUS Andalucía Racing Team.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo tiene una proyección internacional, ya que participa en las competiciones más prestigiosas de Europa, que se celebran en los grandes circuitos de Fórmula 1 y Moto GP, como pueden ser las competiciones de Alemania y Austria, entre otras muchas.

En 2018 el equipo empezó a conocer los pódiums, cuando obtuvo un primer puesto en Business Plan Combustion, un tercer puesto en Business Plan Electric, y un segundo lugar en Cost Combustion, en Holanda. Además de una tercera posición en Business Plan Combustion, en España.

En la siguiente temporada, el equipo obtuvo de nueva una victoria en Business Plan Combustion, y un tercer puesto en Autocross Combustion, en Holanda. También se consiguió un primer puesto en el Business Plan Electric.

En la última temporada, celebrada en el año 2021, el equipo obtuvo los mejores resultados de su historia. “Una vez más, el equipo se subió a lo más alto del podio en el Business Plan Combustion de Holanda, además de lograr un tercer puesto en Business Plan Electric y en Cost Electric. También se consiguió la victoria en Business Plan Combustion, tanto en Austria como en Alemania. Asimismo, en España obtuvimos la primera posición en



El equipo ARUS Andalucía Racing Team con sus prototipos.

Efficiency Electric, un tercer lugar en Endurance Combustion, y el ser el primer equipo español en el Overall. Finalmente, cabe destacar que el coche de combustión consiguió finalizar las 4 Endurance en las que participó”, indican.

Innovaciones tecnológicas

Como explica el equipo, “en ARUS, centramos nuestros esfuerzos en realizar y fabricar nosotros mismos los sistemas electrónicos, a diferencia de otros equipos europeos. Esto permite a los miembros adquirir una fuerte base de conocimientos sobre el desarrollo de elementos de seguridad y control de potencia; además de permitir una mayor *customización* de dichos elementos al realizarlos a nuestra propia medida”.

A lo que añaden que “además, destacamos por el diseño de un volante y un sistema de cambio de marchas mucho más avanzado, más propio de categorías superiores como la Fórmula 1. Utilizamos un sistema de doble embrague por levas en el volante, controlado por un sistema magnético y una programación propios”.

“También estamos experimentando con redes neuronales para el desarrollo de un sistema autónomo de conducción,

similar a los que podemos ver en vehículos de marcas como Tesla”, afirman.

Patrocinadores actuales

El equipo ARUS Andalucía Racing Team cuenta con el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE) como patrocinador, así como con el patrocinio de numerosas empresas y entidades como Endesa, la Cámara de Sevilla, RACE, Airbus, Nino-truck, el Ayuntamiento de Sevilla, ITZ, la Universidad de Sevilla, o la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, entre muchas otras.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo ARUS Andalucía Racing Team está formado por más de 80 estudiantes, y sigue la estructura piramidal de las empresas. Se compone de una dirección, formada por el team manager, el tesorero/secretario, el director de Organización y los directores técnicos. “A continuación, para una mayor efectividad, nos dividimos en departamentos formados por un team leader, encargado de organizar las tareas del departamento y los miembros”, explican.



Prototipo del equipo ARUS Andalucía Racing Team en la competición de Formula Student.



Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“Por un lado, estudiamos la capacidad de realizar un monocasco con *composites* por cuenta propia. Junto a esta mejora, también pretendemos alcanzar una optimización de peso, mediante la modificación de componentes y sus procesos de fabricación”, indican.

El equipo realiza también mejoras en cuanto a la potencia del motor eléctrico, para alcanzar el mayor rendimiento posible, a la par que mantienen la excelente ratio de consumo que demuestran este año en las competiciones.

“Finalmente, como venimos adelantando con anterioridad, estamos centrados en el estudio de un vehículo de conducción autónoma, para lo cual diseñamos

complejos algoritmos de detección, así como redes neuronales”, destacan.

Team leader (jefe de equipo)

“ARUS Andalucía Racing Team ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años: desde 2016, que nos embarcamos en la aventura de diseñar y fabricar un coche eléctrico paralelamente al de combustión, convirtiéndonos así en el único equipo español que compite en ambas categorías, el equipo ha ido creciendo y evolucionando hasta superar el parón mundial que supuso la pandemia, y culminar en el que ha sido el verano más exitoso de su historia. Ha participado en 4 competiciones (Formula Student Holanda, en Assen; Formula Student Austria, en el Red Bull Ring, Formula

Student España, en Montmeló, y Formula Student Alemania, en Hockenheimring), y ha rodado por primera vez con nuestro coche eléctrico, tras pasar las exigentes inspecciones técnicas y alcanzando importantes hitos con ambos monoplasas”, señalan.

“Esto es gracias al trabajo que realizamos cada año los 80 estudiantes que componemos el equipo; todos jóvenes ambiciosos e inconformistas que dedicamos una gran parte de nuestro tiempo a este proyecto que, aunque no está remunerado, aporta una formación en competencias transversales que es complicado adquirir antes de entrar en el mundo laboral. Como solemos decir, es imposible devolverle a ARUS todo lo que te aporta”, expresan.

Una de las claves por las que este proyecto hace crecer tanto a sus componentes, consiste en que está totalmente autogestionado por sus componentes: “a pesar de tener siempre el respaldo de la Universidad y de nuestro faculty advisor (profesor encargado del proyecto), somos los propios miembros los que nos organizamos como una mediana empresa, tomamos las decisiones sobre el rumbo del proyecto y marcamos los plazos y los ritmos de trabajo. Esto nos hace sentir una gran responsabilidad, que a veces puede ser incluso estresante, pero es eso mismo lo que nos hace madurar y diferenciarnos del resto de estudiantes, y lo que da lugar a la calidad humana que sale del equipo: 6 de nuestros antiguos compañeros trabajan actualmente en la Fórmula 1, otros han formado su propia empresa, muchos han sido fichados por empresas que buscaban concretamente perfiles de ARUS, etc.”

El equipo se encarga también de buscar financiación, ya que el proyecto funciona gracias a las aportaciones de sus patrocinadores: desde instituciones públicas (como la Universidad de Sevilla, la ETSI, donde se encuentra su sede, el Ayuntamiento de Sevilla, la Cámara de Comercio, etc.), hasta empresas de nivel local, nacional e internacional (como Endesa, Hyundai, RACE, Schaeffler, etc.). “Cada vez son más las empresas y entidades que colaboran con nuestro equipo de diferentes formas, ayudando así a crear un futuro más competente”, afirman.

Datos de contacto del equipo

Team leader: Juan Rengel Berrocal;
e-mail: marketing@arusteam.com



Sevilla Racing

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Colegio Oficial de
Graduados e
Ingenieros Técnicos
Industriales de Sevilla

Historia del equipo

Sevilla Racing es una asociación formada por estudiantes en ingeniería de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, creada en el año 2014, "motivados por ir un paso más allá de nuestra formación académica y vivir una experiencia profesional que trascienda las aulas", señala el equipo.

"Somos un equipo de 20 miembros y englobamos muchas de las especialidades de nuestra Escuela (mecánica, electrónica, electricidad, química y diseño industrial), consiguiendo así un equipo multidisciplinar que nos permite explotar las mejores cualidades de cada perfil", afirman.

El objetivo de esta asociación es participar en la competición de Motos-tudent: "Debemos, en un plazo de 18 meses, diseñar y desarrollar un prototipo de motocicleta de competición, que será sometida a diferentes pruebas técnicas y enfrentada al resto de motocicletas participantes en una carrera final, en el circuito de Motorland Aragón", explican.

A lo que añaden que "en las dos ediciones anteriores, participamos con motos de combustión, pero en la actual hemos decidido dar el salto y construir una motocicleta completamente eléctrica con cero emisiones".

Palmarés obtenido en la competición

La competición se divide en dos fases, MS1 y MS2. "En nuestra primera edición, nuestra posición en las distintas categorías de MS1 respecto a los otros 35 equipos fue un 13º puesto en diseño de vehículo, 18º en innovación y 17º en industrialización, consiguiendo un 17º puesto en la clasificación general de MS1", indican.

En la fase MS2, el equipo obtuvo las siguientes posiciones: 4º en frenada, 20º en gymkana, 21º en vuelta rápida y 19º en carrera, logrando un 20º puesto en la general MS2.



Equipo Sevilla Racing.

En la segunda edición, a la que se presentó el equipo, las posiciones obtenidas en MS1 fueron de un 12º puesto en diseño del vehículo, 10º en innovación, y 10º en industrialización, consiguiendo un puesto 19º en la general de esta primera fase.

En la segunda fase, el equipo se clasificó con las siguientes posiciones: 16º en gymkana, 11º en vuelta rápida y 19 en la clasificación general.

Innovaciones tecnológicas

"En la edición anterior, presentamos diferentes técnicas de innovación en la fabricación de la moto, centrándonos en especial en el desarrollo del carenado por impresión 3D, sustituyendo a la metodología tradicional. Se utilizó para ello Ultrafuse PLA PRO, filamento de termoplástico resistente que permite impresiones a altas velocidades, conservando propiedades mecánicas mucho mejores que las de los filamentos de PLA comunes, disminuyendo el tiempo de impresión entre 30% y 80%, y con unas propiedades mecánicas hasta un 50% superiores a las del ABS y gran resistencia a la deformación plástica, además de un buen acabado superficial", explican.

Este método resulta mucho más económico para la producción por proyecto, aunque es inviable para la producción en masa, pues habría que imprimir una pieza para cada modelo, con lo que se haría más eficiente con moldes de madera.

"Además se diseñó un modelo de optimización topológica del chasis con el software Altair HyperWorks, que se imprimiría con Stratasys, con una composición de titanio y magnesio. Sin embargo, esto no se pudo llevar a cabo debido a su alto coste", señalan.

Por otro lado, se realizó la impresión de un subchasis en ULTEM 9085, en un termoplástico que se adaptaba a las cargas que sufría y, además, era bastante flexible, lo que permitía al material adaptarse a los movimientos del piloto en las curvas. Finalmente no se llegó a montar debido a que requiere un periodo de adaptación del piloto a este sistema y no se disponía de dicho tiempo.

Para finalizar, también se diseñó el Ram-air de la moto. "Esta es una pieza que tienen las motos de combustión, con la finalidad de redirigir la presión del aire dinámica que genera el movimiento de la moto hacia el Airbox. El Ram-air presenta la dificultad de que tiene formas comple-



Prototipo del equipo Sevilla Racing en la competición MotoStudent.

jas e intrincadas, lo que la hace muy cara y complicada de fabricar. Por ello, se optó por desarrollar la pieza con impresión 3D en un material soluble, con el propósito de que después de recubrir la pieza con fibra de carbono, se introduciría en el líquido disolvente y quedaría el Ram-air hecho solo en fibra de carbono”, detalla el equipo.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con el patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE), además de entidades como Caja de Ingenieros y el Centro Educativo Altair.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo de Sevilla Racing se estructura en cinco áreas de trabajo. Estos departamentos son carenado, estructura, marketing, propulsión eléctrica y elementos auxiliares.

A pesar de que cada área tiene asignada una tarea específica, en la que se incluye el diseño y la fabricación de todos y cada uno de los elementos que forman la moto (exceptuando el motor, que es proporcionado por la organización de MotoStudent), todos los departamentos trabajan conjuntamente para desarrollarla.

En cuanto a la estructura del equipo, cabe mencionar que cada departamento está liderado por uno de sus miembros. Todos estos jefes de área componen el equipo directivo y entre todos ellos se elige a uno para ser el jefe del equipo.

Al frente de cada área se encuentran Aida Martínez Pastor, en marketing; Pablo Vicente Torres, en propulsión eléctrica; Sergio García Rubiales, en estructura; José Alonso Velasco Sánchez, en estructura, y Antonio Gomez Sayago como jefe de carenado, además de ser el líder del equipo.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El equipo de Sevilla Racing está muy concienciado con el cuidado del medioambiente. “Por ello, tras competir en la cuarta y quinta edición de Motostudent con motos de combustión, en la última decidimos dar el salto y apostar por un modelo de moto eléctrica, involucrándonos más con la iniciativa de trabajar con energías renovables, y convirtiéndonos así en un equipo lo más responsable posible con el medioambiente”, afirman.

Sin embargo, el equipo señala que debido a las consecuencias de la pandemia, no pudieron alcanzar el presupuesto para llegar a desarrollarla. “Por este motivo, este año hemos retomado con más ganas que nunca nuestra tarea, y en estos momentos el equipo se encuentra volcado en el diseño y desarrollo del prototipo. Actualmente se están poniendo a punto todos los detalles para comenzar con las pruebas pertinentes en el taller”, indican. Y concluyen: “Este proyecto se lleva a cabo con la finalidad de desarrollar nuestras aptitudes y completar nuestra formación, teniendo como objetivo de cara al futuro, asentarnos como un equipo de relevancia en la competición, gracias a nuestro trabajo y dedicación”.

Team leader (jefe de equipo)

“Sevilla Racing surge en un contexto de curiosidad y ambición. Es por ello que uno de los puntos fuertes de los integrantes de Sevilla Racing es su iniciativa: un gran interés por la ingeniería y el mundo del motor. Este proyecto nos permite explotar nuestro potencial y, además, comprender y reflejar nuestros estudios y conocimientos en aplicaciones de la vida real”, señalan.

En su opinión, “es una puerta hacia lo más cercano que podemos encontrar

los estudiantes al mundo laboral, y nos permite experimentar en primera persona cómo puede llegar a ser nuestro futuro oficio o la dinámica de un proyecto de ingeniería real. Sevilla Racing es una manera de materializar todos nuestros años de formación para conseguir y obtener un resultado gratificante: competir en una carrera de motocicletas real junto a otros equipos universitarios”.

El equipo aspira a construir, diseñar y crear. “Tal como indica la etimología de la palabra ingeniero, buscamos “engendrar” o “producir” nuevas ideas, nuevas soluciones, nuevas técnicas. Conocer y acostumbrarnos a las metodologías de trabajo que ya existen y, sobre todo, explotar nuestro ingenio y potencial”, expresan.

Además, en Sevilla Racing es importante el alto grado de implicación de todo el equipo. La transversalidad del proyecto hace que sea muy importante aprender a compaginar las tareas de los distintos departamentos del proyecto, y que la colaboración de los participantes sea continua. “Aprendemos a cambiar el ritmo de trabajo según las necesidades de otras áreas, y colaboramos entre los distintos departamentos si en algún momento hace falta más personal para alguna tarea concreta. Se podría decir que se crea una simbiosis en la que todos los departamentos tienen cierto conocimiento de las otras áreas de trabajo, para que el proyecto esté siempre en marcha y nunca nos alejemos de nuestros fines últimos”, destacan.

En relación a los potenciales patrocinadores, el equipo señala que “con esta iniciativa, también buscamos empresas y entidades que busquen unirse a la causa y llevar a cabo el proyecto. Es una forma de poder conocer el potencial de sus productos y/o servicios en un proyecto real y ambicioso, además de darse a conocer en el ámbito universitario, tecnológico y automovilístico”.

Y añaden: “Este proyecto no se podría realizar sin la ayuda de nuestros patrocinadores; entidades, grupos y empresas que creen en nuestro equipo, apoyan nuestra iniciativa y nos prestan su ayuda. Agradecemos la colaboración de Caja de Ingenieros, COGITISE y el centro educativo Altair, por facilitarnos las licencias de Software”.

Contacto del equipo

Equipo Sevilla Racing; e-mail: departamento.marketing.sr@gmail.com



URVoltage Racing

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Universitat Rovira i Virgili.

Competició en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsió (categoria): elèctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo URVoltage Racing se fundó el año 2016, con el fin de diseñar y construir una moto eléctrica de competición con la que participar en la V edición de MotoStudent, en el año 2018. Para esta primera participación, el equipo estuvo formado por 11 personas, todas ellas estudiantes de Ingeniería.

En el año 2018 entraron nuevos miembros en el equipo para participar en la VI edición de MotoStudent. "Esta edición estuvo marcada por la pandemia de la Covid-19, y la competición se retrasó hasta 2021. El perfil de los 24 estudiantes fue más multidisciplinar, puesto que participaron en los departamentos de Comunicación y Gestión de estudiantes de otros ámbitos.

Actualmente el equipo está iniciando el diseño de una tercera moto eléctrica de competición para participar en MotoStudent 2023.

"En todas las ediciones hemos contado con el soporte económico de nuestra Universidad y de empresas y entidades de nuestro entorno, como es el caso del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Tarragona", indica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

En el ámbito competitivo de MotoStudent 2018, el equipo URVoltage Racing obtuvo la 16ª posición, entre un total de 25 participantes, y en MotoStudent 2021 logró la 23ª posición, de un total de 46 participantes.

Innovaciones tecnológicas

Las innovaciones tecnológicas más representativas de la última moto eléctrica construida por el equipo URVoltage Racing han estado vinculadas a la batería, al BMS y al basculante.

"La batería estaba compuesta por 3 módulos independientes interconectados, que permitían una mejor manipula-



Equipo URVoltage Racing.

ción gracias a su bajo peso, la posibilidad de competir con una moto más liviana en las pruebas de bajo consumo de energía, y la seguridad de seguir en la competición en caso de avería de uno de ellos.

Con respecto al BMS (sistema de gestión de la batería), circuito electrónico que gestiona la energía de la batería en los procesos de carga y descarga, fue de diseño y construcción propios. Durante el funcionamiento de la moto, registra las temperaturas, tensión y corriente de la batería para detectar cualquier anomalía, o limitar algún parámetro que permita el incremento de la autonomía.

Por último, se diseñó y construyó un basculante tubular de titanio, material muy ligero pero, con muy buenas prestaciones mecánicas.

Patrocinadores actuales

El equipo URVoltage Racing cuenta con el Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Tarragona como patrocinador, además de otras empresas y entidades como Lear Corporation, Universitat Rovira i Virgili, Basf Sonatrach PropanChem, Escardó Serveis, Essity, Indústria Preciber, Indústria Teixidó, Klever, Port de Tarragona y Satem.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo consta de 6 departamentos: Eléctrico, Electrónico, 3D, Mecánico, Gestión y Organización. Los miembros del equipo son Adrián Ballesteros, Gerard Burjalès, Adrià Caparrós, Xavier Casanovas, Joan Ignasi Cid, Arcadi del Castillo, Lluís Fargas, Carles Fernández, Judit Ferran, Javier González, Khaoula Kharaz, Vadym Lesiv, Benet Manzanares, Pablo Marqués, Gabriel Melendre, Xavier Milà, Diego Muñoz, Ivan Pàmies, Àngel Piera, Jordi Povill, Christian Puentes, Pau Puig, Marc Rosel, Adrià Salvadó, Max Sebastià, y Eneko Serrano. También participan, como tutores, los profesores de la Universitat Rovira i Virgili, Ernest Arce, Silvia de la Flor, Luis Guasch y José Luis Ramírez.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

"Además de nuestra actual participación en VII edición de MotoStudent, el equipo URVoltage Racing está estudiando la posibilidad de participar en Moto Innovación GP, y en un encuentro internacional organizado por la Universidad de Wrocław (Polonia)", anuncia el equipo.



Prototipo del equipo URVoltage Racing en plena competición.



Junto a las actividades competitivas, el equipo participa también, con la Universitat Rovira i Virgili, en la captación de nuevos alumnos para los estudios de Ingeniería, mediante charlas en centros de

Secundaria, la participación activa en las jornadas de puertas abiertas, asistencia a ferias de educación, etc.

En un futuro también se desea diversificar las actividades del equipo, buscan-

do otras aplicaciones no competitivas para la movilidad eléctrica, como por ejemplo la vinculada a las personas con discapacidad motriz.

Team leader (jefe de equipo)

En la actualidad, el team leader del equipo es Vadym Lesiv, estudiante de tercer curso del Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática.

El equipo tiene una experiencia de 6 años en el diseño y construcción de motos eléctricas de competición, período durante el cual ya se han construido dos motos, y en estos momentos está en la fase de diseño de la tercera.

“Una variada formación de los miembros del equipo constituye un grupo de trabajo multidisciplinar, que aborda no solo problemas de ingeniería, sino otros vinculados a los ámbitos de gestión empresarial, redes sociales, patrocinios y otros”, explican.

Por otra parte, las empresas que han dado soporte al equipo durante los 3 últimos años han sido Lear Corporation, Universitat Rovira i Virgili, Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Tarragona, Basf Sonatrach PropanChem, Escardó Serveis, Essity, Indústries Preciber, Indústries Teixidó, Klever, Port de Tarragona y Satem. “Esperamos seguir contando con todas ellas, y encontrar otras que se sumen a nuestro proyecto”, concluye.

Contacto del equipo

Team leader: Vadym Lesiv; e-mail: urvoltage@urv.cat



FSULL Dynamics

Universidad de La Laguna.

Competición en la que participa: **Formula Student.**

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos Industriales
de Santa Cruz de Tenerife

El equipo FSULL Dynamics prepara el prototipo para participar en Formula Student.

Historia del equipo

El equipo nace en el año 2017 por la ambición de un grupo de estudiantes que buscan participar en la categoría eléctrica de Formula Student. El primer año del equipo fue complicado, ya que no se conseguía la financiación necesaria para poder llevar a cabo el proyecto. Tras varios años, se consiguió, a través de varios patrocinadores, la financiación que necesitaban para empezar con la etapa de fabricación, en la que encuentra actualmente el equipo, "inmersos para llevar nuestro primer prototipo al Circuito de Montmeló (Barcelona)".

Palmarés obtenido en la competición

El equipo no cuenta todavía con un palmarés en la competición, ya que por el momento no ha llegado a competir, debido a las dificultades económicas; si bien, este año se prepara para realizar su primera competición. Cabe destacar que durante los años 2018, 2019 y 2021, el equipo asistió a la competición como voluntario para realizar trabajos de *scrutineering*.

Por otro lado, el equipo realizó los distintos diseños de cableado y PowerTrain del equipo de MotoStudent, que quedó como tercer mejor Rookie de la competición en 2021.

Innovaciones tecnológicas

El equipo FSULL Dynamics ha realizado dos destacadas innovaciones tecnológicas:

- Diseño de un Battery Management System (BMS).
- Diseño de un sistema de baterías, con las 21700, a través de impresiones 3D.



El equipo FSULL Dynamics prepara el prototipo para participar en Formula Student.

Patrocinadores actuales

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Santa Cruz de Tenerife.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo tiene una estructura funcional que cuenta con un Team Leader y dos jefes de sección, uno para el Departamento de Mecánica y otro para el de Electrónica, que cuentan, a su vez, con diferentes sub-departamentos, como los de Baterías, Sistemas electrónicos, Chasis o Dinámicas. También hay otro departamento dedicado a la Organización Administrativa, que gestiona las redes sociales, los sponsors, etc.

Miembros del equipo: Adrián Martín Gutiérrez (team leader), Carlos Javier Álvarez Casablanca (jefe de electrónica), Aarón Cabrera Peña (jefe de electrónica), Carlos Daniel Alonso Guédez, Miguel Ángel Domínguez Socorro, Guillermo Caba Afonso, Diego Díaz Cota, Luis Alejandro Hernández Somaza,

Marco Antonio Trujillo Labrador, Alexej Schustek García, Pablo Hernández Rodríguez, Rubén Cruz González, Adrián Batista y Diego López.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

En esta temporada, el equipo se ha marcado los siguientes objetivos:

- Construir el primer coche perteneciente a Canarias.
- Ampliar los conocimientos que han adquirido en los grados y másteres de la Universidad.
- Concienciar acerca de un respetuoso uso del medioambiente con nuevas fuentes de recursos, como la electricidad.
- Completar la totalidad de las pruebas en las diferentes competiciones en las que participará el equipo en 2022.

Además de todo lo anterior, el equipo también se encuentra inmerso en la implantación del sistema autónomo.



El equipo FSULL Dynamics de la Universidad de la Laguna en el Circuito de Barcelona

Por otro lado, este es un proyecto educativo y, por tanto, es necesario que haya periodos de formación y, además, para que tenga la continuidad deseada a lo largo de los años, y que el aprendizaje se transmita a las siguientes generaciones de ingenieros, requiere de cursos de transmisión de estos conocimientos y experiencia.

Team leader (jefe de equipo)

El proyecto que presenta este equipo es ilusionante y, esta temporada, por primera vez en la historia de las Islas

Canarias, se participará en esta competición. Como el propio equipo explica, "contamos con los medios materiales y organizativos necesarios para lograr un buen resultado y poder lograr nuestro objetivo último, que es la participación y representación del campo de la ingeniería canaria y de la Universidad de La Laguna, en un contexto internacional donde ya compiten, desde hace varios años, las mejores universidades de todo el mundo".

Este esfuerzo que está realizando y realizará este equipo, consagrará las

bases para la consecución de mejores resultados en las próximas temporadas y conseguir, en un futuro, que la ingeniería canaria y, en especial, de los estudiantes de ingeniería de la Universidad de La Laguna, esté en la vanguardia en este campo técnico y compitiendo con las más reputadas universidades en este paradigma mundial.

Contacto del equipo

Team leader: Adrián Martín Gutiérrez,
e-mail: ull_dynamics@ull.edu.es.



Florida Moto Team

Florida Universitaria. Centro adscrito a la Universidad Politécnica de Valencia.
Competición en la que participa: **MotoStudent**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio promotor:



Historia del equipo

El equipo Florida Moto Team nació en la II Edición de Motostudent, temporada 2011-2012, donde consiguió un 11º puesto en carrera, creando lo que ahora, 11 años después, sigue siendo una modalidad de enseñanza-aprendizaje con gran nivel de implicación, junto a la realización de los estudios universitarios.

“En la III Edición de 2013-2014, en la que se optó por una innovadora fabricación del chasis y basculante de la moto en fibra de carbono, tuvimos problemas de motor”, explica el equipo. En la IV Edición, temporada 2015-2016, se optó por la inscripción en moto eléctrica.

En la V edición de 2017-2018, el equipo obtuvo la *pole position* en la clasificación para la carrera de la categoría Petrol, y obtuvo el 2º puesto en esta MS2.

En la siguiente edición, la VI, temporada 2019-2020, que se retrasó por la pandemia de la Covid-19, el equipo no pudo asistir por el cambio de fecha de competición, ya que se trasladó a 2021. “Aunque la causa tenía su parte positiva, pues gran parte del equipo se acababa de incorporar a diferentes escuderías de equipos de competición, coincidiendo la fecha de esta con el campeonato de España de Superbike”, indican.

En la actual edición, temporada 2022-2023, el equipo tiene “más ganas que nunca de poder llevar a cabo el proyecto en la categoría Petrol”, expresan.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo Florida Moto Team se prepara en la actualidad para participar en una nueva edición del campeonato de MotoStudent

El palmarés de Florida Moto Team es el siguiente:

- Motostudent V Edition (2017 - 2018): subcampeón en la categoría MS2 y *pole position*.
- Copa MEC (Moto Engineering Cup):



Equipo Florida Moto Team.

Campeonato español interuniversitario, creado para poder obtener información crucial de cara al diseño de los nuevos prototipos.

Categoría oficial del Campeonato de Velocidad Interautonómico (CIV).

Resultado: 3º puesto.

Innovaciones tecnológicas

Una de las partes más importante y con más peso de la competición MotoStudent, es la exigencia y necesidad de crear, en cada edición, una nueva e innovadora idea de mejora del prototipo, a partir de una idea inexistente y con gran potencial de desarrollo.

“Una de las más importantes que tuvimos fue la realización de un sistema de admisión refrigeración, basada en el uso de placas 'peltier', para poder conseguir una temperatura del aire de entrada adecuada junto a la utilidad del radiador y un sistema cerrado por donde poder circular el agua, que será enfriada mediante dichas placas”, detalla el equipo.

Otra innovación fue la realización de chasis y basculante con fibra de carbono, que suscitó un gran interés en la fase final del circuito.

Patrocinadores actuales

El equipo Florida Moto Team cuenta con numerosos patrocinadores, entre los que se encuentran las siguientes empresas y entidades: Box73 Motorcycles, AEC Competición, WM Suspensiones, Solrima Ecoprinting, Ingalv, Altair, NG Brake Disc, SKF, NGK Spark Plugs, Tamet Project, AsorCAD, Bob Exhausts, Wacota, Gandini Race, TurboKit Races, WD 40, GB Racing y Florida Universitaria.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo se estructura a través de diversos departamentos, a cargo de los cuales están los coordinadores:

- Team leader: Pablo Martínez Estruch.
- Coordinador Gestión Equipo: Eduardo Gonzalez Tort.
- Coordinador Departamento Mecánica: Raúl Cuenca Martín.
- Coordinador Departamento Cálculo y Diseño: Eduardo Ruiz Sáez.
- Coordinador Departamento Electrónica: Dani Torres Camps.
- Coordinador Departamento Marketing: Enrique Pons Peña.
- Ingeniero Mecánico 1: Carlos Sánchez Rubio.



Prototipo del equipo Florida Moto Team en plena competición.



- Ingeniero Mecánico 2: Josep Gonzalez García.

- Ingeniero Electrónico 1: Manuel Monedero Soria.

Estos son los integrantes del actual equipo, que han ido cambiando en las diferentes ediciones, según han terminado

los estudios, e incorporándose a distintos puestos de trabajo, "con las magníficas competencias tanto técnicas como transversales obtenidas en esta competición internacional, junto a sus estudios de Ingeniería".

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

Como el propio equipo explica, "el próximo proyecto tiene que ver con la visión del futuro, basada en la realización de la VII Edición MotoStudent 2023, la cual deseamos que se concluya y se lleve a cabo, como mínimo, como la V Edición de 2018, consiguiendo muy buenos puestos y logros para el equipo", señalan.

"La idea principal es poder llegar a competir tanto con la moto de combustión interna, como con la moto eléctrica, todo diseñado y fabricado por alumnos de Florida Universitaria, tanto de Ingeniería Mecánica como de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, por lo que tenemos la necesidad de encontrar futuras fuentes de financiación", afirman.

Team leader (jefe de equipo)

"El gran punto fuerte que tenemos como equipo, es la gran amistad, compañerismo y la resolución de problemas que llevamos trabajando desde hace años atrás, en nuestros respectivos cursos académicos y, sobre todo, la experiencia previa en competiciones y grandes resultados obtenidos anteriormente, como es el caso del buen palmarés que tenemos", señalan.

"Estamos formados por un gran equipo con mucha ambición y con grandes ideas tecnológicas, muchos estudiantes ya experimentados en ediciones anteriores de MotoStudent, pero lo que más nos ayuda, es la mayor implicación de caras nuevas dentro del equipo que siguen fortaleciendo el vínculo ya creado anteriormente", indican.

Asimismo, el equipo destaca que "una de las mayores debilidades que tenemos es el presupuesto tan ajustado, que nos impide, en cierto modo, poder seguir mejorando e innovando en cualquier mejora que creamos conveniente para el desarrollo de las motos".

Y concluyen: "No quiere decir que las ayudas que tenemos no nos sirvan, sino que es necesario, en un mundo tan extenso como es el MotorSport, adquirir nuevos colaboradores cada año, ya sea a cambio del uso de instalaciones, de material o sobre todo económico, toda ayuda es perfecta".

Contacto del equipo

Team leader: Pablo Martínez Estruch;
e-mail: flordamototeam.fmt@gmail.com



FSUPV Team

Universidad Politécnica de Valencia.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): **fuel**.

Colegio promotor:



Historia del equipo

En el año 2013, varios alumnos de la ET-SID (Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño) se pusieron de acuerdo para formar un equipo de Formula Student en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Guiados por doctorandos de la Cátedra de Motores Térmicos, que ya habían tenido experiencia en la competición, lograron diseñar y fabricar el primer prototipo.

En 2014, el FSUPV-01 corre por primera vez en una de las competiciones más prestigiosas a nivel mundial, Formula Student Germany. Ese mismo verano, en Formula Student Spain, el prototipo se consolida como el equipo español más rápido. Este primer año sirve para sentar las bases del proyecto y la filosofía del equipo.

La creación del grupo FSUPV Team dentro de la UPV supuso el nacimiento del programa Generación Espontánea, destinado al desarrollo de proyectos de estudiantes, y que a día de hoy cuenta con más de 60 grupos.

Tras la primera generación del FSUPV Team, el equipo compite cada año en 3 competiciones europeas de media, creciendo temporada a temporada. Además, en 2018 el equipo salta el charco y compite en FSAE Michigan.

Para asegurar la continuidad del equipo, se funda la FSUPV Academy, programa formativo que pretende acercar a los alumnos más jóvenes de la UPV al proyecto.

Palmarés obtenido en la competición

En sus 8 años de vida, el equipo FSUPV ha sido laureado con numerosos premios. “Podemos distinguir la victoria absoluta en la primera edición de la competición Formula Student Netherlands en 2017, o el tercer puesto absoluto en la competición Formula SAE Michigan en 2018, siendo el primer equipo español en competir en



Equipo FSUPV Team con su prototipo.

EEUU”, explica el equipo.

El equipo ha participado en las competiciones de Formula Student Germany, Formula Student Austria, Formula Student Spain y Formula Student Netherlands.

“A lo largo de nuestra historia, hemos conseguido también el galardón en Formula Student Spain al mejor equipo español en las ediciones de 2015, 2018, 2019 y 2021”, señalan.

“Por último, destacamos un primer puesto absoluto en Formula Student Spain, y los segundos puestos absolutos en Formula Student Austria y Formula Student Germany. Estos 3 son los resultados de la temporada 2021, la más exitosa para el equipo hasta la fecha”, afirman.

Y concluyen: “El FSUPV Team se enorgullece de ocupar a día de hoy los puestos más altos en los rankings; desde 2019, es el tercer equipo del ranking mundial en la categoría de combustión”.

Innovaciones tecnológicas

El equipo de la UPV está en constante búsqueda de la aplicación de nuevas ciencias, técnicas de fabricación y validación. La filosofía de trabajo del equipo se ha basado en conseguir hacer desarrollos propios, basados en estudios, que permi-

tan mejorar el rendimiento del prototipo.

“Desarrollos como la suspensión y las llantas de carbono, telemetría de una amplia sensorización, diversos sistemas electrónicos de ayudas al piloto como el control de tracción o el DRS en el alerón trasero son algunas de nuestras innovaciones más recientes, que nos han ayudado a marcar la diferencia en la pista”, explican.

“Sin embargo, la joya de la corona esta temporada no es otra que el sistema de conducción *Driverless*. Hemos sido capaces de adaptarnos a la normativa de la competición Formula Student Germany, que obliga a los participantes a diseñar un prototipo convertible a autónomo para conseguir los máximos puntos”, indican.

El equipo FSUPV Team destaca que “esta tecnología se basa en la detección de la pista y localización del vehículo dentro de la misma a través de una cámara estéreo y un LiDAR. Posteriormente, se realiza el trazado de una trayectoria, y finalmente se lleva a cabo el control sobre los actuadores (volante, acelerador, freno, embrague) para completarla”.

“El cerebro del automóvil es una Unidad de Procesamiento de alto rendimiento con GPU y CPU para mejorar capaci-



Prototipo del equipo UFV Racing Team en la competición.

dades de inteligencia artificial. Es donde los diferentes canales de software se ejecutan y comunican para proporcionar las capacidades de carrera autónoma”, concluyen.

Patrocinadores actuales

El equipo cuenta con diversos patrocinadores, entre los que se encuentran las siguientes empresas e instituciones: Universitat Politècnica de Valencia, CMT Motores Térmicos, Gurit, Mecanizados Garrigues, Sinergia Racing Group, Grupo Alonso, Umesal, Circuit Ricardo Tormo, SMC, Cuñauto, ETS Ingeniería del Diseño, Fast Circuit Valencia, Hertalla, Kartódromo Internacional Lucas Guerrero, Mecanizados Fransal, Mipesa, Mahle, Mitsubishi Materiales, Vectornav, y ETAS.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo FSUPV Team está formado por 50 miembros, y se estructura en tres niveles.

La mayor parte de componentes del equipo son miembros de una disciplina o sub-team. FSUPV Team cuenta con 6 disciplinas que trabajan sobre el prototipo, y cada grupo de miembros está supervisado y organizado por un coordinador.

Los coordinadores de cada disciplina son los siguientes:

- Aerodynamics: Marc Ferrara Ribes.
- Autonomous System: José A. González García.
- Chassis: Marcos Castelló Pastor.

- Electronics: Joaquín Real Bosch.
- Dynamics: Pablo Moral Vega.
- Powertrain: Miguel Monserrat Díaz.

Además, el equipo cuenta con 2 disciplinas, cuyo trabajo no está estrictamente relacionado con el desarrollo del prototipo:

- Racing Simulator: David Masanet López.
- D&C: Lorena Borrás Marqués.

Por su parte, el liderazgo del equipo recae sobre 3 directores técnicos, cuya misión es definir cuáles son los grandes objetivos de las disciplinas, así como la correcta interacción entre ellas, para guiar al FSUPV Team hacia la meta: Juan José Cañizares Segarra, Miguel Ángel Cubillos Gozávez y Josep Villalba Nicolau.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El equipo mira al futuro en busca de nuevos retos, entre los que se encuentra la electrificación. El camino hacia un prototipo eléctrico alberga complicaciones que creemos poder resolver de forma exitosa a través de la transición a la unidad de potencia híbrida”, señalan.

A lo que añaden que “esta transición a un punto intermedio ha sido posible gracias al cambio en las regulaciones de varias competiciones europeas. Esperamos mantenernos como aspirantes a la victoria a pesar del alto nivel que demuestran nuestros competidores cada temporada”.

Gracias al apoyo de sponsors como MAHLE Electronics Valencia, CMT Mo-

tores Térmicos, AVL Iberica y ETAS en materia de financiación y asesoramiento, el equipo confía en alcanzar esta meta en 2023.

“La visión a largo plazo contempla el paso a un coche completamente eléctrico, que conllevará el mayor de los retos desde el origen del proyecto, pues implicará la reinención absoluta de nuestro concepto de coche”, afirman.

“Por otro lado, confiamos en que la semilla plantada esta temporada en el ámbito de la conducción autónoma siga creciendo a gran ritmo. La idea es asentar un proyecto en paralelo, que nos permita competir cada temporada en ambas categorías (con y sin piloto)”, destacan.

Y concluyen: “Finalmente, seguiremos esforzándonos en formar al más alto nivel a los ingenieros del futuro, que ya hoy han dejado huella en el mundo laboral. Los miembros de las primeras generaciones del proyecto son hoy líderes que han gestionado grandes proyectos, y todos ellos aseguran que en gran parte se debe a su paso por el FSUPV Team”.

Team leader (jefe de equipo)

El equipo FSUPV Team de la Universidad Politècnica de Valencia (UPV) cuenta con un team leader: Juan José Cañizares Segarra.

Contacto del equipo

Team leader: Juan José Cañizares Segarra; e-mail:juanjocs81@gmail.com



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MotoR-UPV School Team

Colegio promotor:

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño ETSID. Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Competición en la que participa: **MotoStudent**.

Propulsión (categoría): fuel.



Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Electrónica Industrial, Ingeniería en Química Industrial, Ingenieros Técnicos Industriales; Peritos Industriales y Graduados en Ingeniería habilitados por Orden CIN/351/2009

Historia del equipo

“El equipo se creó en 2010, junto al Proyecto Vera, y posteriormente se integró en Generación Espontánea. MotoR-UPV School Team es el equipo de motociclismo de la Universidad Politécnica de Valencia. Se trata de un proyecto multidisciplinar donde alumnos de diferentes titulaciones de la UPV se encargan de diseñar, desarrollar y fabricar un prototipo de motocicleta tipo Moto3, para la competición internacional universitaria MotoStudent”, señala el equipo.

Actualmente, el equipo participa además en el Campeonato de España de Velocidad ESBK y en el Campeonato Mundial de Superbikes WorldSBK, en la categoría de SSP300.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo MotoR-UPV School Team cuenta con un destacado palmarés, en las diferentes temporadas:

2017: Campeones de España de SSP300.

2019: Campeones de la I Edición de Moto Engineering Cup.

2020: Campeones y subcampeones de España en la categoría BluCru Yamaha R3.

2021: Campeones y 3^{er} clasificado de España en la categoría BluCru Yamaha R3.

202: Campeones de España de Superbikes Categoría SSP300 SBK Junior.

2021: Campeones Yamaha R3 European Cup.

2021: 2^o puesto participando como invitados en WorldSBK en la carrera de Barcelona categoría SSP300.

Innovaciones tecnológicas

Entre las innovaciones tecnológicas desarrolladas por el equipo, destacan los alerones tipo Winglets para el carenado de la motocicleta, diseñados por dos alumnos de Ingeniería Aeroespacial mediante análisis CFD para la última participación en MotoStudent.



Equipo MotoR-UPV School Team.

Patrocinadores actuales

El equipo MotoR-UPV School Team cuenta con el apoyo de diversos patrocinadores, entre los que se encuentran empresas como Válvulas Arco S.L., Primafrio, Panter, YSS, Saica Yamaha, Ford Autolix, Euromoto, Autoescuelas Meliana, Musepan, Sitta, Lasertall, Atalanta Sport Club, y Estaciones de Servicio Ripoll.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está formado por un grupo de alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño ETSID, de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), estudiantes del Grado en Ingeniería Mecánica: Pablo Culla de Moya, Silvia Ballesteros Pascual, Julio Almiñana Sanchís, Nacho Sanchis Albelda, Juan Ferrándiz Jerez, Carlos Zafra Pastor, Miguel Collados Mínguez y Antonio Molina Garrido.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“En MotoR-UPV nos unen las ganas de se-

guir avanzando y creciendo, siempre con el espíritu competitivo del equipo. Por eso, tras proclamarnos campeones de España de la categoría ESBK Junior, junto al piloto valenciano Álvaro Díaz, desde la próxima temporada participaremos como equipo permanente en el Mundial de Superbikes WorldSBK, en la categoría SSP300 de la mano del ARCO MotoR University Team”, afirman.

Team leader (jefe de equipo)

“En MotoR-UPV School Team nos mueven las ganas por el aprendizaje y el crecimiento personal y colectivo, además del espíritu joven y competitivo del grupo, siempre de la mano de nuestros patrocinadores, sin los que no sería posible todo lo que hemos conseguido. Representamos a nuestros patrocinadores y sus valores como empresas allá donde vamos”, indican.

Contacto del equipo

Team leader: Juan Ferrándiz Jerez; e-mail: juanferrandiz2010@gmail.com



Prototipo del equipo MotoR-UPV School Team.





ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

VallRacing Team

Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid.
Competición en la que participa: **Formula Student**
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio promotor:

ingenieros^{va}

Historia del equipo

Vall Racing Team es un nuevo equipo desde el año 2020, enfocado en desarrollar un monoplace para competir en la Formula Student. "Nuestra breve historia se resume en la captación de estudiantes de la Universidad, y nos hemos convertido en una familia unida y motivada", señala el equipo.

"Cabe destacar que este proyecto se intentó sacar adelante en dos ocasiones, pero por diversos motivos no tuvo éxito. Esta es la tercera vez que se intenta y hemos conseguido logros como nunca antes se consiguieron, como contratos de patrocinios, desarrollo completo de cálculos y diseños del monoplace, crecimiento del equipo y visibilidad del proyecto, etc. ¡A la tercera va la vencida!", indican.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo VallRacing Team señala que "en la actualidad, no tenemos experiencia en competiciones, debido a la reciente creación del equipo. Nuestra meta es llegar a competir en la próxima competición de Formula Student Spain (FSS)".

Innovaciones tecnológicas

"Dentro de nuestros escasos recursos, queremos disponer de procesos avanzados de fabricación, como la fabricación aditiva y la implantación del diseño orgánico dentro de esta", indica el equipo.

Patrocinadores actuales

El equipo VallRacing Team cuenta con el patrocinio de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII), Universidad de Valladolid, y Norelem.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo está formado por algo más de 50 estudiantes de la Universidad de Va-



Equipo VallRacing Team.

lladolid, y se estructura a través de varios departamentos, como Chasis y Aero, Dynamics, Powertrain, y Marketing.

Además, cuenta con Izan Martínez, como team leader, y con el apoyo de varios profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales (Faculty).

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

El mayor proyecto del equipo es dar una formación a los estudiantes, que sea un punto de inflexión para ellos, tanto en lo personal como en lo profesional. "Queremos que VallRacing Team sea un equipo de referencia dentro de la competición y de cara a las empresas, dando a ver que el estudiante que pertenece al equipo tiene un *expertise* y un *know-how* que no tienen otros estudiantes", señalan.

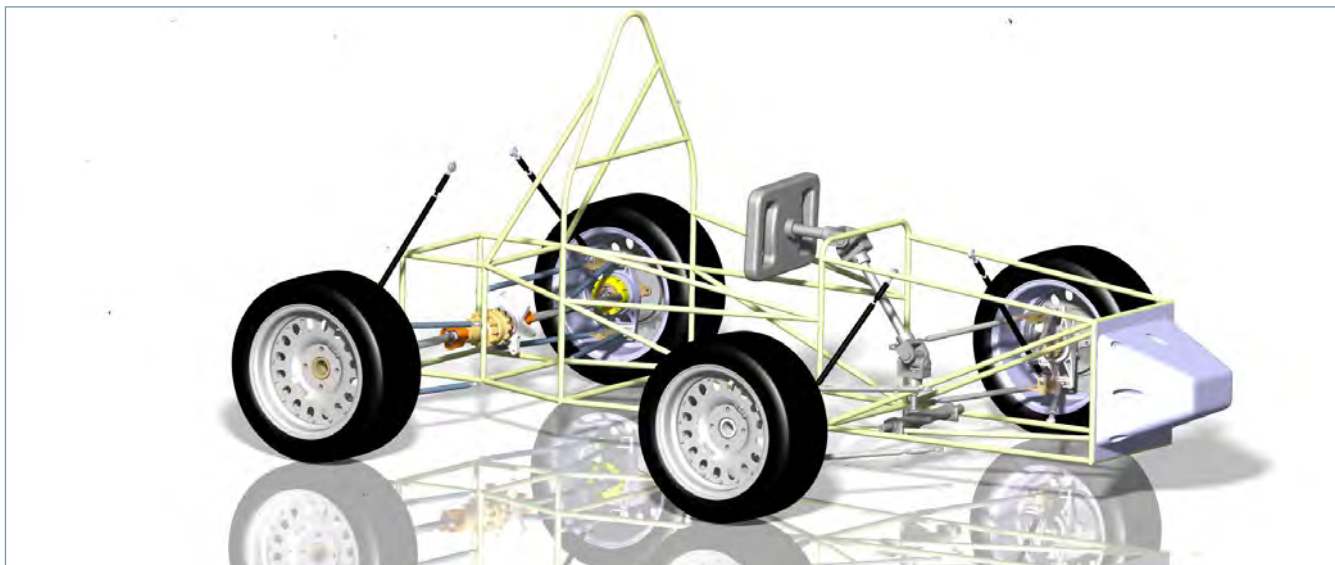
"Las metas que nos hemos marcado para un futuro es desarrollar un monoplace competitivo con el que ir a FSS. Una vez cumplamos esto, queremos aportar nuestro granito de arena a la movilidad eléctrica, creando nuestro primer formula eléctrico con tecnología puntera en el sector", afirman.

Y añaden: "Una vez hayamos conseguido esto, nuestra visión es la de consolidar el equipo y mostrar a las empresas que nos patrocinen, y por su puesto a la Universidad de Valladolid, las ventajas que tiene haber pertenecido al equipo, todo el desarrollo y la tecnología que usamos, y poder aportarles todos los conocimientos y la experiencia. Al mismo tiempo que pretendemos seguir formando ingenieros profesionales, totalmente capacitados para afrontar los retos del mundo laboral".

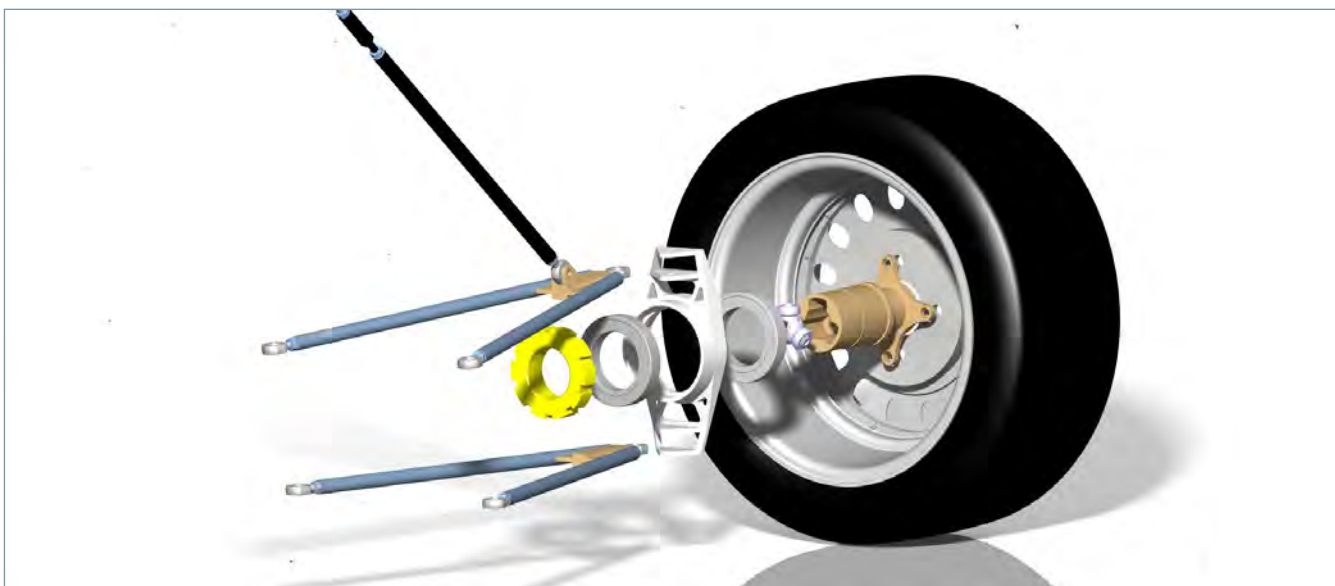
Team leader (jefe de equipo)

"VallRacing Team es un equipo de reciente creación. Nuestras ganas y motivación son incomparables, y todo el equipo está volcado al 100% para sacarlo adelante. Somos un equipo muy unido que trabajamos codo con codo, colaboramos con diferentes colegios de FP para complementar la formación de sus estudiantes, y nos amoldamos frente a los problemas y adversidad de manera rápida y flexible", destacan.

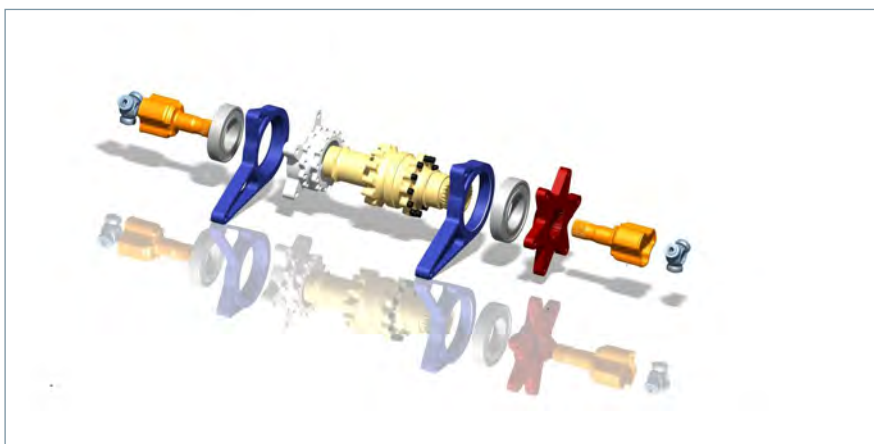
"Aspiramos a ser un equipo de referencia en la competición de Formula Student (a nivel europeo), y a crear una cantera de ingenieros profesionales y



Diseño del prototipo del equipo VallRacing Team con el que participarán en la competición de Formula Student.



Diseño del conjunto de rueda trasera del prototipo.



Diseño del montaje diferencial del prototipo.

muy cualificados. Queremos traspasar las fronteras del conocimiento que tenemos los estudiantes, ampliando todos los conocimientos ingenieriles y adquiriendo una experiencia inolvidable", expresan.

Y concluyen: "Actualmente, estamos abiertos a patrocinios con todo tipo de empresas y a compartir nuestro *know-how*, tanto en el presente como en el futuro, para crear sinergias y avanzar conjuntamente hacia un futuro mejor".

Contacto del equipo

Team Leader: Izan Martínez; e-mail: izanmartinez07@gmail.com; vallracingteam@gmail.com



Universidade de Vigo

Uvigo Motorsport

Universidade de Vigo.
Competición en la que participa: **Formula Student**.
Propulsión (categoría): fuel.

Colegio promotor:



Colegio Oficial
de Ingenieros Técnicos
Industriales de Vigo

Historia del equipo

En el año 2014, catorce miembros de la Escuela de ingeniería Industrial de la Universidade de Vigo decidieron dar comienzo a este proyecto. Tras un año de trabajo, el primer monoplaza del equipo (el UM15) llegaría a competir en la FSG, en la FSS y en FS UK.

Los resultados conseguidos tan rápidamente supusieron la llega de un gran número de patrocinadores, y un mayor apoyo de la Universidad, lo que permitió que el UM16 fuese el primer prototipo en incorporar un monocasco y diferentes elementos aerodinámicos. Posteriormente le siguieron el UM17, UM18, UM19 y UM21.

“A lo largo de estos años, nuestros monoplazas han participado en competiciones como Formula Student Germany, Formula Student Spain, Formula Student Netherlands o Formula Student Czech Republic, obteniendo resultados destacables en algunas de ellas”, indica el equipo.

Palmarés obtenido en la competición

A lo largo de la historia del equipo, éste ha participado en Formula Student UK,

Formula Student Germany, Formula Student Spain, Formula Student Czech Republic y Formula Student Netherlands, y está pendiente todavía de confirmación las competiciones en las que participará este año.

El palmarés del equipo Uvigo Motorsport es el siguiente:

FS United Kingdom 2015: Premio Craig Dawson (miembro más valioso).

FS Spain 2016: Mejor Engineering Design Report Español.

FS Spain 2017: 3º puesto Cost and Manufacturing Event.

FS Spain 2017: Best Team Work.

Innovaciones tecnológicas

En los últimos meses, el departamento de propulsión ha conseguido realizar



Equipo Uvigo Motorsport al completo.

tanto el diseño como la preparación del montaje de un banco de pruebas de inyectores (injector tester), para poder estudiar mejor el funcionamiento de la inyección del combustible.

El departamento de Aerodinámica, por su parte, ha estado trabajando en optimizar los elementos aerodinámicos del monoplaza sirviéndose de las simulaciones CFD.

El departamento de Dinámica está centrado principalmente en optimizar la geometría de dirección, así como el rediseño de las bieletas para mejorar el motion ratio.

El departamento de Electrónica es donde mayores avances ha llevado a cabo el equipo. “El foco de atención principal de estos últimos meses ha sido la implementación del CAN-Bus en el nuevo modelo. Otro de los logros de este departamento ha sido un rediseño completo del Pin-Out del coche, el cual es modular y está adaptado a las necesidades que tendrá el UM22, siendo el CAN-Bus antes mencionado la principal novedad”, detallan.

“Dentro del departamento de coche autónomo, estamos trabajando para finalizar el subsistema de control de nuestro

vehículo, que deberá ser capaz de decidir cómo tendrá que moverse el monoplaza”, explican.

Y añaden: “Con el software en un estado avanzado de desarrollo, hemos llegado al momento de probarlo en casos reales para poder obtener datos sobre su funcionamiento, y de esta forma depurar posibles errores y optimizar lo máximo posible todos los procesos. Además buscamos crear un entorno físico de pruebas propio, diseñado expresamente para las necesidades de nuestros equipos”.

Patrocinadores actuales

El equipo Uvigo Motorsport cuenta con una extensa lista de patrocinadores, entre los que se encuentran (en la denominada Zona 1) los siguientes: AVL, Coasa, Concello de Vigo, Zona Franca de Vigo, Europrecis, GKN, Gurit, Laser Galicia, Marcofran y Soldatec.

Estructura y miembros del equipo de competición

El equipo Uvigo Motorsport se estructura a través de diversos departamentos: Aerodinámica, Chasis, Dinámica y Coche Autónomo. Los integrantes de cada departamento son los siguientes:



Prototipo del equipo Uvigo Motorsport en la competición de Formula Student.

Departamento de Aerodinámica:

Ramón Otero Luaces, Carlos Santorum Varela, Erik Guillén García, Gabriel Quesada Sánchez, Hugo Fernández, Juan Diego Fernández, Luis Rolando López, Marcos Burgo Beiro, Pedro Rodríguez Viñas, Santiago Alberto Corrales y Sergio Fernández Álvarez.

Departamento de Chasis: Manuel Costal Fernández, Omar Insua Rodríguez, Cristian Cámara de Pablos, David Prieto García y Pablo Rivera Salgado.

Departamento de Dinámica: Antonio Branco Batalha, Álvaro Sánchez Fernández, Ana Lorenzo Rodríguez, Esteban Pinilla Álvarez y Guillermo Vázquez Gómez.

Departamento de Coche Autónomo: Miguel Veiro Romero, Alberto Salvado Fernández, Antonio Quintela González, Hugo Gil Taboada, Iago Muñoz Varela, Iván Blas Vilariño y Rubén Fernández Boullón.

Departamento de Electrónica: Paulo Rial Aspera, Ana Carolina Barros García, Antía Domínguez Rodríguez y David Ulises Tenreiro Pérez.

Departamento de Organización y Marketing: Sara Barbeito Pérez, Adrián Carballo Silva, Cesáreo González Rodríguez, Laura Pérez López, Mateo Gallego Llopis, Óscar Hermida López, Bárbara Pazo Brussa, Iago Vázquez Quiroga y Sofía Casal Vázquez.

Departamento de Propulsión: Miguel Bustelo Vega, Xacobe Atrio Domínguez, Antonio Presa González, Lois Rodríguez Recuna, Javier Ramos Vázquez y Juan Mejuto Gutiérrez.

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“La perspectiva del futuro de nuestro proyecto ha cambiado mucho a causa de la aparición de la Covid-19. Nuestra forma de trabajar ha tenido que adaptarse a la nueva situación, y de igual modo se han visto alterados nuestros objetivos. Tras varios años en los que nuestra mentalidad consistía en una continua mejora técnica, hemos decidido dar mayor importancia a otras cuestiones organizativas, por lo que tras llevar a cabo una reestructuración de la directiva al final de la pasada temporada, hemos empezado esta temporada 2021/2022 con una cartera de objetivos diferente”, explica el equipo.

En primer lugar se convirtió en una prioridad adelantar todos los plazos, desde el proceso de ampliación, hasta la fabricación del monoplaza. “Si está listo para correr lo antes posible, se minimizan los errores inesperados. Por otro lado, decidimos asentar la seguridad y la fiabilidad, tanto en el diseño como en la fabricación, reduciendo los potenciales problemas”, señalan.

El equipo indica que “para llevar a cabo estos dos objetivos, decidimos que lo más beneficioso para nosotros sería volver a los orígenes y abandonar el monoplaza para trabajar de nuevo en un chasis tubular”.

“Nuestros objetivos a corto plazo son tener un coche funcional y competitivo, capaz de obtener buenos resultados en las competiciones de este verano. A medio plazo nos centramos más en el coche

autónomo, pese a que contamos con tener un coche autónomo antes de final de temporada; es una tecnología en constante mejora, por lo que no nos podemos contentar con eso, y buscaremos conseguir un sistema autónomo más competitivo cada día”, destacan.

“Y ya a largo plazo, sería ideal para nosotros volver a diseñar de nuevo un monoplaza, pero eso dependerá de los medios, tanto materiales como humanos con los que contemos en el futuro”, concluyen.

Team leader (jefe de equipo)

“A la hora de hablar de los puntos fuertes de nuestro equipo, lo más importante a destacar es el gran talento y esfuerzo de los miembros que lo conforman. Pese a que somos un equipo con unos recursos materiales bastante limitados, se han obtenido resultados técnicos muy avanzados en todos los departamentos, lo cual ha ayudado a que muchas empresas del tejido industrial de la región nos hayan brindado su apoyo a lo largo de estos años”, señalan.

Desde un punto de vista técnico, los avances más importantes con los que ha contado el equipo a lo largo de los años se han obtenido en el departamento de Dinámica y en el de Electrónica, “en los cuales se ha llevado a cabo con éxito un trabajo cíclico de mejora continua de nuestros sistemas, que, combinado con una sólida formación de los nuevos miembros, permite que estas mejoras se mantengan año tras año, sirviendo de base para el diseño del año siguiente”.

“También estamos muy orgullosos del profundo conocimiento que tenemos del motor, así como del mapeado llevado a cabo del mismo, y que nos permite optimizar todo lo posible el proceso de inyección y combustión”, destacan.

“En lo que respecta a las aspiraciones, se podría decir que aspiramos a conseguir la primera posición en las competiciones, pero todos los equipos aspiran a eso, pues para qué si no compiten. Desde una perspectiva más realista, cada año al inicio de temporada planteamos una serie de objetivos secundarios que nos gustaría implementar ese año, pero que no suponen una necesidad para cumplir nuestras necesidades esa temporada”, aseguran.

Contacto del equipo

Team leader: Sara Barbeito Pérez; e-mail: teamleader@uvigomotorsport.com



Ingenieros Competición Eléctrica^(USAL)

Escuela Politécnica Superior de Zamora y Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar. . Universidad de Salamanca.

Competición en la que participa: **Formula Student**.

Propulsión (categoría): eléctrica.

Colegio patrocinador:



Historia del equipo

El equipo de competición de Formula Student de la Universidad de Salamanca está en fase de creación y “nace con una vocación de trabajo en equipo, para aprender, innovar y superar retos”. Para ello, las Escuelas de Ingenieros de la USAL, tanto la de Zamora como la de Béjar, se han unido para crear un equipo multidisciplinar, aprovechando el potencial de las carreras técnicas que se cursan en nuestra universidad.

“Pero no solo las Ingenierías de la rama industrial, también se incorporarán al equipo otras disciplinas como Física, Química, Matemáticas, Medicina, Fisioterapia, Turismo, Derecho, Traducción e Interpretación, Ciencias ambientales, y Administración y Dirección de empresas, entre otras”, señala el equipo.

“Contamos ya con más de 50 candidatos entre profesores y estudiantes, además de contar con innumerables egresados y el apoyo incondicional del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la provincia de Zamora”, indican.

En una primera etapa, el equipo desarrollará un prototipo de vehículo eléctrico, y se centrará en las pruebas estáticas del reto: Design Event, Cost & Manufacturing Analysis Event y Presentación Event.

Palmarés obtenido en la competición

El equipo Ingenieros Competición Eléctrica^(USAL) es de nueva creación y está en fase de formación, por lo que todavía no ha podido competir en Formula Student, aunque se está preparando para ello.

Innovaciones tecnológicas

Ingenieros Competición Eléctrica^(USAL) trabaja en estos momentos en las innovaciones tecnológicas con las contará su prototipo, de cara a su participación en la competición de Formula Student.

Patrocinadores actuales

Al tratarse de un equipo de nueva creación, está en busca de sus primeros pa-



Integrantes del equipo Ingenieros Competición Eléctrica (USAL), de nueva creación, formado por alumnos de la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

trocinadores, y ya cuenta con el apoyo y patrocinio del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de la provincia de Zamora (IngenierosZA).

Estructura y miembros del equipo de competición

La estructura del equipo se ha diseñado pensando en un sistema multitarea, distribuyendo los objetivos según conocimientos y aptitudes. De este modo, se crearán grupos de trabajo divididos en diferentes secciones (integradas por un profesor o egresado y varios estudiantes).

Estas secciones trabajarán coordinadamente con el resto de los departamentos, y para ello contarán con un team leader.

En la actualidad, el equipo está formado por los siguientes docentes de la Universidad de Salamanca (USAL), en sus respectivas áreas:

- José Luis Hernández Merchán (Área Ingeniería Eléctrica y decano del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Zamora).
- Leticia Aguado Ferreira (Área Ingeniería Mecánica).
- Roberto José García Martín (Área Ingeniería Mecánica).

- José Luis Pérez Iglesias (Área informática).
- Jesús Ángel Román Gallego (Área informática).
- María Luisa Pérez Delgado (Área informática).
- Miguel Ángel Lorenzo Fernández (Área Ingeniería Mecánica).
- José Escudra Burrieza (Área informática y Automática).
- Hernando Silva Varela (Área informática y Automática).
- Roberto Guzmán De Villoria (Área Ingeniería Fabricación).
- Manuel Rodríguez Martín (Área Ingeniería Fabricación).
- Beatriz García Vasallo (Área Física).
- Manuel Domínguez Lorenzo (Área Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras).
- Alberto Benito Rodríguez (Área Construcción - PRL).
- Juan Ramón Muñoz Rico (Área Máquinas y Motores Térmicos).
- Aitor Cristiam Raposeiras Ramos (Área Mecánica Fluidos).
- Manuel Pablo Rubio Cabero (Área Expresión Gráfica).
- Andrés Sanz García (Área Ingeniería Mecánica).



Miembros del equipo Ingenieros Competición Eléctrica (USAL), formado por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar.



Universidad de Salamanca.

- José Torreblanca González (Área Tecnología Electrónica).
- Norberto Redondo Melchor (Área Ingeniería Eléctrica).
- Armando González Muñoz (Área Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras).
- Jorge Herrera Santos (Técnico del Área de Ingeniería Electrónica).

Próximos proyectos y visión de futuro del equipo

“El reto al que nos enfrentamos es la creación de un gran equipo, aprovechando al máximo todos los recursos y conocimiento de la Universidad de Salamanca. Para ello, se ha creado un documento explicativo del proyecto con las distintas fases que se deben ir cumpliendo”, explica el equipo.

“Cabe destacar que el equipo se crea con un espíritu de competición, pero so-

bre todo para crear dinámicas de trabajo en grupo, multidisciplinarias y con una clara vocación de compañerismo”, indican.

Y añaden: “Hay que tener en cuenta que la Universidad de Salamanca puede aportar a este proyecto gran experiencia en el mundo de la Ingeniería de la rama industrial”.

En su opinión, “el equipo nace con una vocación de dar a conocer el mundo de la ingeniería entre los y las jóvenes, tanto de la ESO como de Bachillerato, despertando de esta forma entre ellos el ingenio y fomentando también los denominados estudios Stem”.

“Desde la Universidad de Salamanca hemos arrancado un proyecto de esta envergadura en un tiempo récord, involucrando a las Escuelas de Ingenieros de Zamora y Béjar, así como del resto

de estudios de la Universidad a través del Rectorado. Nos fijamos como próximos objetivos desarrollar bases para la selección de los integrantes, así como difusión del reto en la Universidad”, destacan.

Team leader (jefe de equipo)

Los puntos fuertes del equipo de la Universidad de Salamanca son innumerables, y de entre todos ellos se pueden destacar los siguientes, según indican:

- La tradición inherente de la Universidad, con más de 800 años de antigüedad, ha sido y sigue siendo formar a los mejores alumnos en todas y cada una de sus áreas de conocimiento.

- Su ímpetu en dar visibilidad a las Ingenierías que se cursan en la USAL y al resto de disciplinas relacionadas con el reto.

Por ello, se pretende dar visibilidad a los estudiantes, profesores y egresados; crear sinergias entre los egresados de la USAL y los estudiantes participando en este reto; involucrar a las empresas e instituciones, al igual que lo hace el Colegio Oficial de Graduados en Ingenieros Técnicos Industriales de Zamora, con la Universidad, y por último, señalan que “queremos que este reto internacional ponga en el lugar que se merecen a las Escuelas de Ingenieros de la USAL, así como a sus patrocinadores y colaboradores”.

“Si bien el equipo será nuevo, la experiencia de los profesores y egresados, así como su ilusión, junto a la que ya han mostrado los estudiantes que se han apuntado, vislumbra un horizonte lleno de éxitos”, expresan.

Asimismo, afirman que “se ha demostrado que estas experiencias entre profesionales, empresas y universidad, además de repercutir beneficiosamente en la cuenta de resultados de las organizaciones, repercuten positivamente en la percepción de su estatus de empresas responsables, innovadoras y comprometidas con la sociedad”.

“No nos cabe ninguna duda de que tanto las grandes empresas tecnológicas, como las no tan grandes e incluso pequeñas empresas o profesionales liberales, querrán formar parte de este reto”, concluyen.

Contacto del equipo

José Luis Hernández Merchán, profesor asociado de la USAL; e-mail: josehmerchan@usal.es

Optimización topológica aplicada al diseño de componentes plásticos inyectados reforzados con fibra corta

Topological optimization applied to the design of short fiber reinforced injected plastic components

Juan Antonio Almazán Lázaro¹, Ángel López Liñán¹, José Ángel Moya Muriana¹, Carmelo Latorre Castilla¹

Resumen

El desarrollo experimentado por los modelos discretos de cálculo basados en el método de los elementos finitos se ha visto acompañado de un auge en las soluciones de optimización topológica estructural. Maximizar la rigidez con la mínima masa es el principal hito que conseguir por parte de los diseñadores. Las restricciones propias del proceso de fabricación en componentes inyectados, como el rango admisible de espesores y el ángulo de desmoldeo, permiten obtener diseños cercanos al componente final cuando se utilizan materiales isotropos. Sin embargo, la no isotropía propia de un material reforzado con fibra corta implica la realización iterativa de fases de optimización, diseño, análisis reológico y validación mecánica, dado que la orientación de fibra es inicialmente desconocida y, a su vez, depende de la solución topológica adoptada. En este trabajo se muestra cómo la implementación de un algoritmo de diagnóstico de espesores permite predecir la orientación de fibra local y optimizar de acuerdo con propiedades mecánicas definidas direccionalmente. Al integrarse en el proceso de optimización, se reduce el número de iteraciones necesarias para alcanzar un modelo mecánicamente válido.

Palabras clave

Optimización, topológica, fibra, simulación, automoción, plástico, Método Elementos Finitos

Abstract

The development experienced by discrete calculation models based on the finite element method has been accompanied by a boom in structural topological optimization solutions. Maximizing stiffness with minimal mass is the main milestone for designers to achieve. The restrictions of the manufacturing process in injected components, such as the admissible range of thicknesses and the demoulding angle, allow to obtain designs close to the final component when using isotropic materials. However, the non-isotropy inherent to a short fiber reinforced material implies the iterative performance of optimization, design, rheological analysis and mechanical validation phases, since the fiber orientation is initially unknown and, in turn, depends on the adopted topological solution. This work shows how the implementation of a thickness diagnostic algorithm allows predicting local fiber orientation and optimizing according to directionally defined mechanical properties. By integrating into the optimization process, the number of iterations required to reach a mechanically valid model is reduced.

Keywords

Optimization, topology, fibre, simulation, automotive, polymer, Finite Element Method.

Recibido / received: 09/06/2021. Aceptado / accepted: 15/10/2021.

1Dpto. de Ingeniería, Centro Tecnológico del Plástico, Fundación Andaltec I+D+i.

Autor para correspondencia: Juan Antonio Almazán Lázaro. ingenieria@andaltec.org

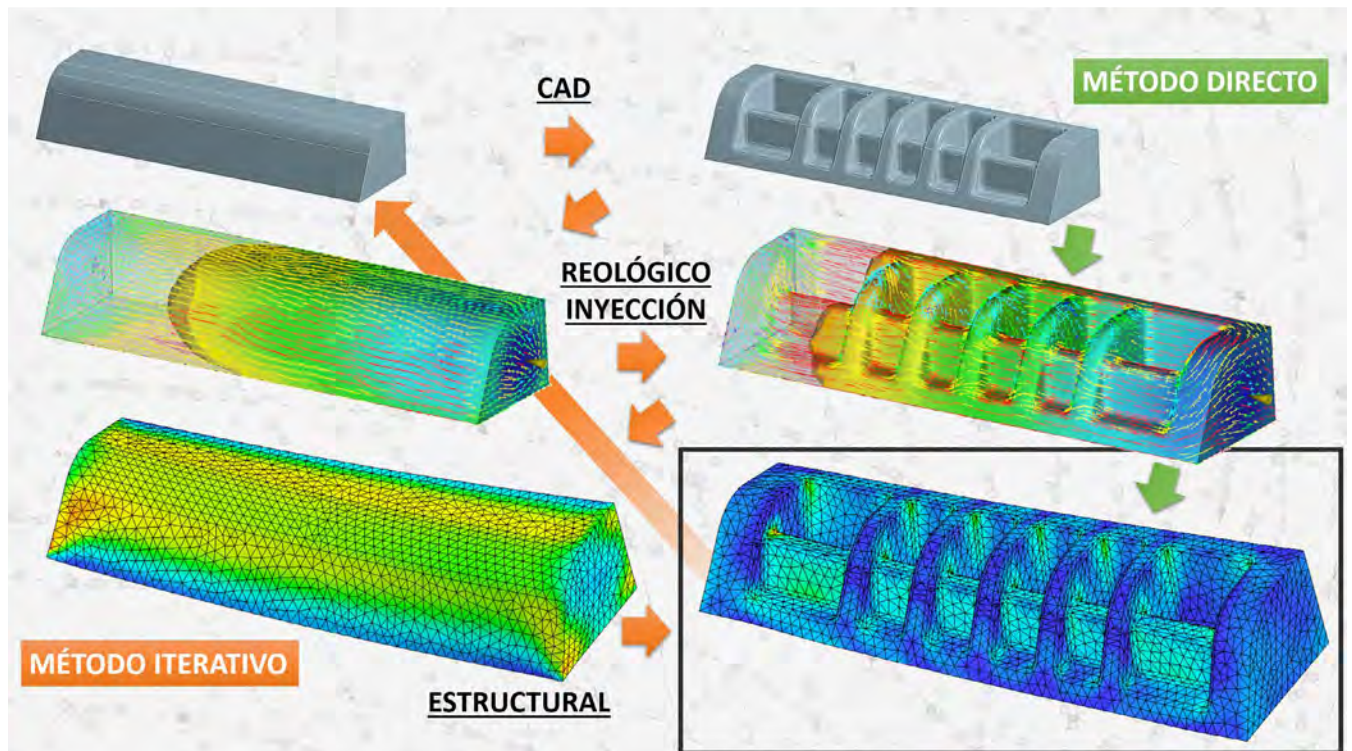


Imagen cedida por los autores del artículo.

Introducción

Dado que los recursos disponibles en la naturaleza son limitados, es de vital importancia usarlos de la manera más eficiente posible. En este sentido, la optimización, que puede ser simplemente definida como el proceso de búsqueda de la mejor solución, representa una valiosa herramienta para conseguirlo, y constituye, por definición, una de las bases fundamentales de la ingeniería. La optimización estructural trata de generar el mejor planteamiento para una estructura que satisface al mismo tiempo varias condiciones impuestas, restricciones de fabricación o resistencia, y objetivos, como utilizar la mínima cantidad de material. Ello permite al sector industrial minimizar el uso de recursos y su impacto ambiental, y a las compañías, ser más competitivas tecnológicamente.

Las variantes de procesos optimización estructural pueden ser clasificadas en tres grandes categorías: paramétrica, de forma y topológica. La optimización paramétrica, el enfoque más simple y temprano, consiste en encontrar el diseño óptimo modificando variables de tamaño, como dimensiones de la sección transversal en barras y vigas, o el espesor en placas [1]. La

optimización de forma se aplica principalmente a estructuras continuas, donde lo desconocido es la forma o el contorno de alguna parte del límite de un dominio estructural; modificando esos límites predeterminados se consigue el diseño óptimo [1,2]. Y por último, la optimización topológica, que puede ser clasificada en dos categorías en función del tipo de estructura [3]: *a)* optimización de estructuras discretas y *b)* optimización de estructuras continuas. La optimización topológica de estructuras discretas trata con estructuras reticulares como cerchas, emparrillados y panales; optimizando simultáneamente la topología (conectividad de los elementos), geometría (localización de las uniones) y tamaño (dimensiones de la sección transversal). Por otra parte, la optimización de estructuras continuas tiene como objetivo el encontrar el diseño óptimo mediante la selección de la mejor localización y geometrías de cavidades (huecos) en el dominio de diseño, mediante una variable similar a la densidad, que puede llevar cualquier valor, como la masa o la rigidez, a cero. Alternativamente, los elementos de una estructura, como los elementos finitos (FE) utilizados para representarla, se

pueden eliminar o agregar al dominio.

En comparación con otros tipos de optimización estructural, la optimización topológica de estructuras continuas es, con diferencia, la más desafiante técnicamente. Sin necesidad de conocer la forma o el tamaño de la estructura, la optimización topológica permite crear diseños conceptuales inéditos y muy eficientes para estructuras continuas. Las técnicas de optimización topológica no solo se pueden aplicar a estructuras a gran escala [4,5], sino que también se pueden usar para diseñar materiales a niveles micro y nano [6-8].

La optimización topológica de estructuras continuas ha cobrado gran interés desde la presentación del método de homogeneización por parte de Bendsoe y Kikuchi [9], aunque su origen se remonta al mínimo peso de las estructuras de Michell [10]. En su formulación original, Michell se ocupó de la topología de barras de menor volumen con una sola condición de carga y una restricción de tensión. La mayoría de métodos numéricos disponibles actualmente para estructuras continuas están basados en análisis de elementos finitos (FEA) en el que el dominio de diseño se discretiza en una

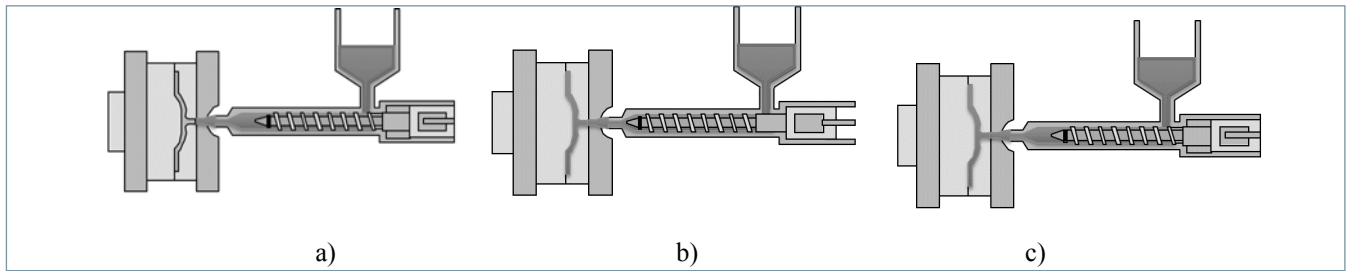


Figura 1. Representación esquemática de las etapas de a) calentamiento, b) inyección y c) solidificación [40].

fina malla de elementos. En tal configuración, el procedimiento de optimización consiste en encontrar la topología de una estructura determinando para cada punto en el dominio de diseño si debe haber material (elemento sólido) o no (elemento vacío), esto es, a) la propiedad elástica del material, en función de su densidad, puede variar en todo el dominio de diseño, y b) el material puede eliminarse permanente del dominio de diseño.

Para la optimización topológica pueden encontrarse diversos métodos que pueden ser agrupados en dos categorías [11]: a) métodos de criterios de optimidad y b) métodos heurísticos o intuitivos. Los primeros son métodos indirectos de optimización que satisfacen un conjunto de criterios relacionados con el comportamiento de la estructura, mientras que los métodos heurísticos son derivados de la intuición, de la observación de procesos ingenieriles o de la observación de sistemas biológicos. Los métodos criterios de optimidad, a menudo, están basados en la condición de optimización Kuhn-Tucker [12], lo que les otorga gran rigurosidad. Estos son adecuados para problemas con un alto número de variables de diseño y algunas restricciones. Se pueden clasificar en: a) *Homogenization* [9,13,14], b) *Solid Isotropic Material with Penalization* (SIMP) [13,15,16], c) *Level Set Method* [17-19] y d) *Growth Method for Truss Structures* [11]. En cambio, los métodos heurísticos no siempre garantizan la optimización, pero pueden proporcionar soluciones eficientes viables. En estos, destacan los siguientes métodos: a) *Fully Stressed Design* [12], b) *Computer-Aided Optimization* (CAO) [20,21], c) *Soft Kill Option* [22], d) *Evolutionary Structural Optimization* (ESO) [23,24], e) *Bidirectional ESO* (BESO) [25] y f) *Sequential Element Rejection and Admission* (SERA) [11].

En las últimas décadas, el incremento de capacidad de computación y las rápidas mejoras en los algoritmos utilizados para la optimización han transformado el campo de la optimización estructural, pasando de un interés principalmente académico a la actualidad, en la que lleva a un creciente número de ingenieros y arquitectos a beneficiarse de las técnicas de optimización. Numerosos proyectos de investigación y desarrollo han permitido que los algoritmos de optimización estructural y los paquetes de *software* estén disponibles para usuarios finales de manera sencilla, precisa, eficiente y económica [1]. Así, muchos de estos códigos han llegado a ser implementados en la mayoría de programas comerciales de análisis estructural como ABAQUS [26], ANSYS [27], FEMtools [28] y Nastran [29]; *software* específicos como OPTISTRUCT [30], CATOPO [31], y herramientas como TOPOPT [32], CalculiX [33] y SALOME [34]. Todas ellas permiten resolver problemas de optimización de alta complejidad incorporando escenarios de carga múltiple y teniendo en cuenta diversos requerimientos de diseño multidisciplinar.

Aunque es muy amplia la casuística que permite resolver la optimización topológica, los diseños obtenidos deben ser fabricados mediante alguno de los procesos conocidos actualmente, los cuales imponen distintas restricciones que hay que tener en cuenta. El moldeo por inyección es una de las operaciones de procesamiento de polímeros más utilizadas en la industria del plástico actual, en la que más de un tercio de los materiales termoplásticos están moldeados por inyección y más de la mitad de todos los equipos de procesamiento de polímeros son para moldeo por inyección [35]. Representa más del 70% de la producción entre los componentes de los productos de

consumo [36]. Permite la obtención de formas complejas con estrictos requerimientos dimensionales y tiempos de ciclo muy cortos [37].

Este trabajo, basado en la optimización de componentes de plástico, trata de mostrar una metodología que complementará a las actuales, con el objetivo de desarrollar tales herramientas cuando se aplican a materiales reforzados con fibra corta.

Optimización topológica aplicada a componentes plásticos inyectados

Generalidades

Dada la propia naturaleza del proceso de inyección, la optimización de componentes plásticos queda intrínsecamente ligada al proceso, en el que las propiedades de material final dependen, a su vez, de las condiciones del proceso. El proceso de inyección de plásticos puede ser definido como la sucesión de tres etapas [38,39]: a) calentamiento del material, b) inyección y c) solidificación del polímero fundido, según se resumen en la figura 1. En primer lugar, la materia prima se calienta a una temperatura próxima a su temperatura de fusión. Posteriormente, el polímero fundido se inyecta en la cavidad a alta presión a través de un sistema de alimentación, para, finalmente, cuando el llenado de la cavidad está casi completado, mantener una presión de compactación durante la fase de enfriamiento. En términos generales, el molde consiste en una cavidad o cavidades, conectadas entre sí y a canales de alimentación que dirigen hasta ellas el flujo de masa fundida desde la boquilla de la máquina inyectora.

Son numerosos los factores que contribuyen a las propiedades finales de las piezas inyectadas. Entre ellos, hay cuatro fundamentales: a) el diseño de la pieza, b) el diseño del

molde, *c)* el material y *d)* los parámetros del proceso. El efecto individual y la interacción de estos factores pueden conducir a diferentes defectos en el componente final, como contracción no uniforme, alabeo, rechupes, líneas de soldadura, falta de llenado o atrapamientos de aire, entre otros. Concretamente, y como punto fundamental de este trabajo, el diseño de la pieza debe atender a los requerimientos dados por las reglas de diseño y limitaciones del proceso y garantizar así la calidad final del componente. Con objeto de facilitar la viabilidad tecnológica de fabricación junto con otros requerimientos económicos y de eficiencia, varios criterios o limitaciones deben aplicarse durante la fase de optimización del dominio de diseño del elemento a inyectar. El espesor de pared de la pieza supone una de las restricciones más importantes que hay que tener en cuenta, pues influye de manera destacada en las propiedades del componente, incluido el rendimiento mecánico, el aspecto estético, la capacidad de moldeo y el coste. El espesor óptimo es, a menudo, un equilibrio entre tendencias opuestas, como la resistencia frente a la reducción de peso y la durabilidad frente al coste.

Así, en secciones simples de pared plana, un aumento del 10% en el grosor de la pared puede suponer, aproximadamente, un aumento del 33% en la rigidez [41,42]. Sin embargo, el aumento del grosor de la pared también conlleva intrínsecamente un aumento del peso, del tiempo de ciclo e incremento por coste de material. Por el contrario, una reducción del espesor puede originar paredes excesivamente delgadas que pueden provocar altas velocidades y presiones de inyección e, incluso, la imposibilidad del llenado completo de la cavidad debido a la solidificación prematura del material fundido. El moldeo de pared delgada (menos de 1,5 mm) generalmente es más adecuado para reducir el tamaño y el peso que para ahorrar costes.

Los nervios proporcionan un medio para aumentar económicamente la rigidez y la resistencia sin aumentar el espesor general de la pared. El diseño adecuado de nervios involucra cuatro aspectos principales: espesor, altura, ubicación y cantidad. Los nervios

gruesos, a menudo, causan rechupes y problemas de aspecto en la superficie que los contiene y nervios muy delgados pueden dificultar el llenado. Para evitar problemas de llenado, ventilación y expulsión del molde, las reglas estándar limitan la altura del nervio en función del grosor de su superficie base, además de mantenerse suficientemente separado para conseguir un enfriamiento adecuado del molde.

Otra condición a tener muy presente durante los ciclos de desarrollo de la optimización es el eje de desmoldeo y el ángulo asociado al mismo, pues al proporcionar dicha dirección estamos aleccionando a que la mayoría de paredes, nervios, torretas y refuerzos respeten dicha dirección de construcción. Cualquier otra dirección de trabajo en el molde, conocida como negativos, obligará a dotar de elementos auxiliares (correderas, patines, etc.) el utillaje e implicará un aumento en el coste del mismo.

Algoritmos e implementaciones

El problema de optimización topológica de medios continuos radica en encontrar la mejor distribución de material (función objetivo) dentro del dominio de diseño, de tal forma que el componente resultante maximice algún tipo de cumplimiento mecánico (respuesta) bajo ciertas restricciones. La optimización topológica puede consistir en minimizar una función objetivo (normalmente el volumen total de la estructura, masa o coste) sujeta a la respuesta sobre la estructura (tensiones, desplazamientos, cargas de pandeo, frecuencia natural, etc.). Adicionalmente, las restricciones pueden derivarse del proceso de fabricación.

Múltiples son los algoritmos actuales de optimización topológica que aceptan restricciones de proceso y, por tanto, su aplicación al diseño de piezas fabricadas por inyección. Entre ellos destacan: *a) Solid Isotropic Material with Penalization (SIMP)*, *b) Level Set* y *c) BESO (Bidirectional Evolutionary Structural Optimization)*.

El método SIMP [13,15,16] fue desarrollado como consecuencia directa del método de homogeneización. La idea es usar solo una variable de diseño por elemento finito. Esta variable de diseño es una densidad de elemento artificial (ρ_e) con cualquier valor dentro del rango $0 < \rho_{min} \leq \rho_e \leq 1$. Ello deriva

en que el volumen de un elemento se multiplica por esta densidad artificial para producir su volumen real, por lo que el volumen del dominio de diseño viene dado por:

$$V = \sum_{e=1}^N v_e \rho_e \quad (1)$$

siendo N el número total de elementos finitos usados para representar el dominio de diseño, v_e y ρ_e el volumen y densidad artificial de cada elemento, respectivamente, y V el volumen resultante del dominio de diseño. En esta técnica, las propiedades del material en cada elemento se asumen constantes y una penalización (p) es aplicada sobre la densidad cuando se multiplica por el módulo elástico:

$$E_e = \rho_e^p E_{e0} \quad (2)$$

donde E_{e0} es el módulo elástico original del material, E_e es el nuevo módulo elástico artificial de cada elemento y p es una potencia de penalización que convierte los valores intermedios de densidad en valores discretos (0-1), para así conseguir únicamente elementos sólidos o vacíos. Con el proceso de optimización ejecutándose de forma iterativa, inicialmente con $p = 1$, el valor óptimo es calculado; este es incrementado y la optimización se repite hasta que un diseño es generado:

$$\text{Maximizar } c(\rho_e) = f^T u$$

$$\text{Sujeto a: } [\sum_{e=1}^N \rho_e^p K_e] u = f$$

$$\sum_{e=1}^N v_e \rho_e \leq V^* \quad (3)$$

donde f y u son los vectores de carga y desplazamiento; c cumplimiento medio; K matriz de rigidez; y V^* límite superior de volumen establecido.

El método *Level Set* es otra técnica que trata directamente con el límite estructural de las formas, y en ella, el límite de diseño se representa implícitamente como la isosuperficie (conjunto de nivel cero) de una función $\phi(x)$ definida en la malla de elementos finitos [19]. El dominio se especifica respecto al valor de la función de conjunto de niveles:

$$\begin{cases} \phi(x) > 0 : x \in \Omega/\partial\Omega \\ \phi = 0 : x \in \partial\Omega \\ \phi(x) < 0 : x \in D/\Omega \end{cases} \quad (4)$$

donde D es el dominio de diseño; Ω la región con material, $\partial\Omega$ representa el límite y D/Ω la región sin material. El movimiento dinámico del límite se rige por la llamada ecuación de Hamilton-Jacobi:

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} = v_n |\nabla\phi| \quad (5)$$

donde v_n es la velocidad normal del límite estructural y $|\nabla\phi|$ es la norma del gradiente de la función de ajuste de nivel. La idea básica de la ecuación del conjunto de niveles es mapear la evolución del límite en una evolución de la función del conjunto de niveles $\phi(x)$.

En cambio, en el método BESO [25], la estructura se optimiza eliminando y agregando elementos. Es decir, el elemento en sí, en lugar de sus parámetros físicos o materiales asociados, se trata como la variable de diseño. El problema de optimización con la restricción de volumen se establece como:

$$\text{Minimizar } c = \frac{1}{2} f^T u$$

$$\text{Sujeto a: } V^* - \sum_{i=1}^N v_i x_i = 0$$

$$x_i = 0 \text{ o } 1 \quad (6)$$

declarando la variable de diseño binario x_i la ausencia (0) o presencia (1) de un elemento.

La mayoría de los trabajos de optimización estructural están relacionados con el diseño óptimo de estructuras con material isotrópico. Extender los métodos de optimización a aplicaciones que involucran heterogeneidad de material (p. ej., por adición de refuerzo en forma de fibra) supone un avance en su desarrollo.

Efecto del refuerzo por fibra corta

A pesar del extendido uso de los polímeros en multitud de sectores debido a su bajo coste de producción y elevada cadencia, su baja rigidez y resistencia suponen un aspecto negativo que puede

limitar en gran medida su utilización. Para eludir estas limitaciones se recurre a otros materiales o al incremento de dicha rigidez y resistencia mediante el uso de refuerzos, y así, en los componentes fabricados mediante procesos de inyección este refuerzo suele tomar la forma de partículas o fibras.

La causa de utilizar preferentemente un refuerzo en forma de fibra, y no de otra forma geométrica, obedece al hecho de que a causa del reducido diámetro de estas (del orden del tamaño de un cristal de la estructura cristalina del material utilizado) se consiguen dos efectos relevantes: reducir las posibilidades de que haya algún defecto a lo ancho de dicha fibra y que su estructura quede orientada con el eje de la misma. De esta forma, se consiguen resistencias muy superiores a las del propio material en bruto con el que se ha fabricado dicha fibra [43]. Tal es el caso de la fibra de vidrio (una de las más utilizadas) que en forma de fibra presenta una resistencia a la tracción de 3,5 GPa mientras que el vidrio en bruto difícilmente supera 1 GPa [44].

Como contrapartida, una característica intrínseca a que el refuerzo tenga forma de fibra es que su efecto de aporte mecánico se produce principalmente en la dirección de esta, mientras que su contribución a la rigidez y resistencia en dirección radial a la misma es insignificante, lo que da lugar en el compuesto a un comportamiento mecánico ortótropo muy marcado por dichas direcciones. A esto hay que añadir que durante el proceso de inyección la fibra queda orientada en función de múltiples parámetros intrínsecos al proceso, como el movimiento del fluido durante el llenado, su viscosidad, vorticidad, velocidad de deformación y forma de la propia fibra.

Así, durante la fase de llenado de un molde se distinguen tres tipos de flujo que determinan en gran medida la distribución final de la fibra según se muestra en la figura 2. Distintos tipos de flujo se desarrollan en las diferentes secciones: *a*) flujo tridimensional y turbulento cerca de la entrada, por lo que la fibra en esta zona no presenta una orientación definida; *b*) tipo fuente en el frente de flujo, y *c*) entre ambas zonas, flujo viscoso con un campo de velocidad uniforme y paralelo al flujo. En esta zona, el flujo de tipo viscoso contribuye a dar una orientación determinada a la fibra muy dependiente de la dirección del flujo e influenciado por el espesor de la pieza.

Además del tipo de flujo y su dirección durante el llenado, el proceso de solidificación al entrar en contacto el material fluido con las paredes relativamente frías del molde da lugar a una variación de la direccionalidad de la fibra dentro del propio espesor de la pieza. Así, por el contacto del fluido con las paredes del molde se forma una primera capa solidificada de material (conocida como piel) en la que, a su vez, se diferencian dos zonas: por un lado una delgada capa límite adyacente al molde, donde el flujo no se ha desarrollado y, por tanto, la fibra no muestra una orientación preferente y queda de forma aleatoria y, por otro, el resto de capa solidificada donde la fibra tiende a quedarse orientada paralela a la dirección del flujo.

Por otra parte, el resto de material fluido y en movimiento (zona conocida como núcleo) da lugar a una orientación perpendicular a la dirección del flujo. Así, la orientación de la fibra y, por tanto, las propiedades mecánicas locales, no son homogéneas a lo largo del espesor, lo que muestra diferencias más acentuadas a medida

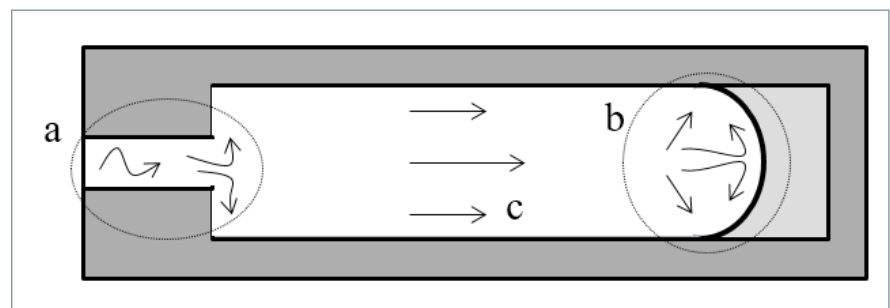


Figura 2. Distintos tipos de flujo se desarrollan en la medida que el flujo avanza en el llenado

que aumenta el espesor [45]. Estas diferencias se vuelven menos acentuadas a medida que aumenta la cantidad de fibra [46]. Consecuentemente, a lo largo del espesor queda una distribución de fibra como la mostrada en la figura 3 [47].

Por último, hay que añadir que durante el proceso de inyección, parte de las fibras se rompen, por lo que se reduce su longitud. Si su longitud no es la suficiente como para permitir a la fibra ejercer todo su papel de refuerzo, situación conocida como fibra corta, se estarán también limitando sus propiedades mecánicas potenciales [44].

En este contexto se plantea un escenario en el que prácticamente en cada punto de la pieza se tiene una orientación diferente de fibra y, por tanto, también un comportamiento no isotropo específico diferente.

Sin embargo, todos estos factores pueden ser tenidos en cuenta para determinar con precisión la orientación de la fibra en cada punto de una pieza haciendo uso de *software* específico para el estudio de inyección de plásticos, como Autodesk Moldflow [48], que reproduce el proceso de inyección mediante técnicas de análisis numérico. A pesar de la elevada precisión que este tipo de estudios permiten en la determinación de la orientación de la fibra en cada uno de los puntos de la pieza, requiere, por un lado, la posterior aplicación de un modelo micromecánico para calcular las propiedades mecánicas a partir de esas orientaciones de fibra, y, por otro, una geometría bien definida sobre la que realizar el estudio de llenado, por lo que durante el proceso de optimización estructural propiamente dicho no son aplicables ni permiten realizar una optimización estructural teniendo en cuenta la orientación final que tendrá la fibra [49].

Así, si se pretende realizar una optimización estructural en la que ya se tenga en cuenta la orientación que tendrá la fibra, se encuentran limitaciones en cuanto a *software* disponible. A pesar de ello, si los espesores de las piezas inyectadas son lo suficientemente pequeños (geometrías laminares), las direcciones principales del esfuerzo quedarán orientadas en el plano de la misma y, en consecuencia, de forma aproximada, se tendrá un excelente comportamiento mecánico

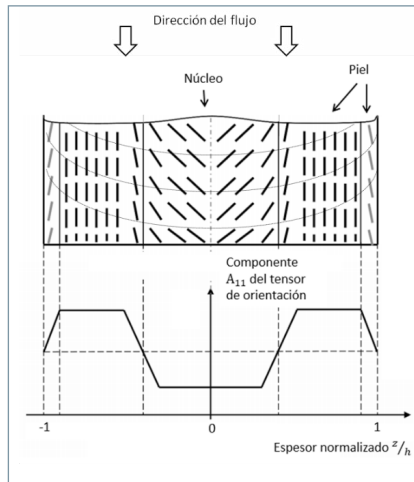


Figura 3. Distribución de la orientación de fibra característica en un material inyectado.

en el plano de la pieza y más reducido en la dirección perpendicular a dicho plano. De esta manera se puede simplificar el cálculo de las propiedades del compuesto y sirve como punto de partida [44]. Gracias a esta distribución de la fibra de manera, aproximadamente, laminar, se pueden determinar las propiedades mecánicas del compuesto partir de sus constituyentes haciendo uso y adaptación del modelo micromecánico de compuestos laminares, ampliamente desarrollado para el sector aeronáutico. Este modelo permite calcular con gran precisión la rigidez de un material compuesto a partir de sus constituyentes. Para ello, se parte de la suposición de que el compuesto forma una lámina unidireccional de reducido espesor con fibras infinitamente largas y alineadas todas en la dirección de la lámina. Posteriormente, es adaptado a fibras de una longitud finita y una orientación no unidireccional.

Según el modelo micromecánico descrito en la figura 4, partiendo de las hipótesis de repetitividad en la orientación de la fibra, homogeneidad, isotropía y linealidad tanto en matriz como en la fibra, unión perfecta entre ambas y una proporción de fibras lo más alta posible, tras aplicar las ecuaciones de equilibrio y compatibilidad a un volumen mínimo representativo de fibra y matriz, se tiene la siguiente rigidez del compuesto (subíndice c) en la dirección de la fibra en función de las rigideces (E) y proporción volumétrica (v) de la fibra (f) y de la matriz (m) se puede escribir regla de las mezclas [43]:

$$E_c = E_f \cdot v_f + E_m \cdot v_m \quad (7)$$

De la misma manera, se puede aplicar a la dirección transversal [43]:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{v_f}{E_f} + \frac{v_m}{E_m} \quad (8)$$

Para el cálculo de la rigidez en la dirección de la fibra se han desarrollado numerosas modificaciones semiempíricas de dicha regla. Destaca la modificación realizada por Krenchel [50], que introduce el parámetro K para tener en cuenta la orientación no unidireccional de las fibras, basándose en el ángulo que forman estas con la orientación preferente de la lámina y su sección equivalente en dicha orientación.

$$K = \sum \rho_n \cdot \cos^4 \theta_n \quad (9)$$

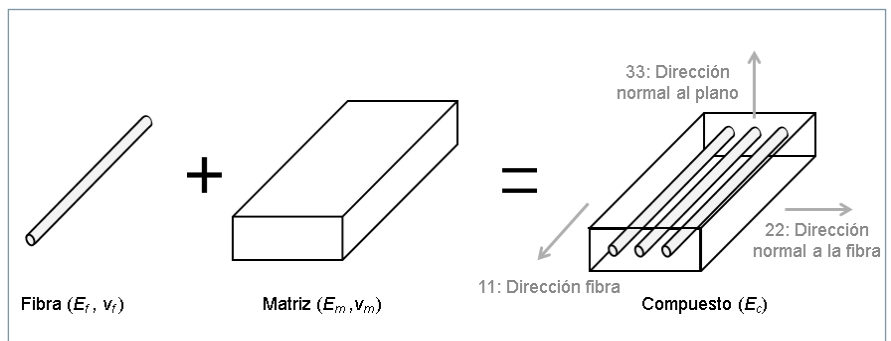


Figura 4. Modelo micromecánico y orientaciones de una matriz reforzada con fibra.

donde ρ_n representa la proporción de fibras con orientación n sobre el total, y θ_n el ángulo que forman estas con la dirección preferente o mayoritaria.

Así, se adopta la regla de las mezclas como:

$$E_c = K \cdot E_f \cdot v_f + E_m \cdot v_m \quad (10)$$

donde el valor K es el parámetro de eficiencia de la fibra, que estará dado en función de la orientación preferente de la fibra y de la dirección del esfuerzo, según la tabla 1.

Para el caso de piezas inyectadas de las que desconocemos su orientación de fibra, podríamos partir del supuesto de distribución completamente aleatoria en todas las direcciones, con esto el factor de Krenchel toma el valor de 1/5. Sin embargo, si la geometría es de tipo laminar y tiene un espesor reducido, prácticamente todo el refuerzo queda orientado en el plano de la misma y nada fuera de dicho plano. Así, hacer la aproximación de una distribución nula fuera del plano y aleatoria dentro de él, el factor de Krenchel toma el valor de $K=3/8$, lo cual supone incrementar las propiedades de rigidez en un factor 1.875 si la fibra se alinea en un plano, en relación con la completamente aleatoria tridimensional. Así, resultaría un compuesto de comportamiento ortótropo con propiedades iguales e influenciadas por el refuerzo en cualquier dirección del plano de la pieza y diferentes, y muy inferiores, en la dirección perpendicular al mismo.

Por otro lado, para este mismo caso, otros autores han realizado diferentes aproximaciones empíricas de la rigidez del compuesto en dicho plano [51]:

Aproximación de Cox:

$$E_c = \frac{1}{3} E_f \quad (11)$$

Aproximación de Loewenstein:

$$E_c = \frac{3}{8} E_f \quad (12)$$

Aproximación de Tsai-Pagano

$$E_c = \frac{3}{8} E_f + \frac{5}{8} E_m \quad (13)$$

| Orientación de fibra | Dirección del esfuerzo | K |
|---|---|-----|
| Todas las fibras paralelas | Paralela a las fibras | 1 |
| | Perpendicular a las fibras | 0 |
| Fibras orientadas al azar y uniformemente distribuidas en un plano específico | Cualquier dirección en el plano de las fibras | 3/8 |
| Fibras orientadas al azar y uniformemente distribuidas en el espacio de 3D | Cualquier dirección | 1/5 |

Tabla 1. Valores K en función de la orientación de la fibra y dirección del esfuerzo

Sin embargo, ninguna de estas tres aproximaciones empíricas tiene en cuenta la proporción de fibra y de matriz, dado que suponen que la proporción de fibra es la máxima para dicho compuesto y la matriz es utilizada únicamente para rellenar el hueco entre fibras. Sin embargo, en piezas poliméricas inyectadas, no es posible inyectar proporciones de fibra muy elevadas (raramente superan el 50% del volumen), pues, por un lado, las presiones de inyección serían muy elevadas y, por otro, dejaríamos de estar inyectando un fluido propiamente dicho. Como consecuencia, en este estudio se asumirá el modelo de Krenchel, de aplicación en aquellos casos con bajas proporciones de fibra y que, además, tiene en cuenta la proporción de fibra en el material.

Métodos: implementación del modelo

Generalidades

En este contexto, y como objetivo fundamental de este estudio, se propone una implementación complementaria a la metodología actual anteriormente expuesta con la que pueda reducirse tanto el costo computacional como el número de ciclos requeridos para alcanzar la geometría óptima. Dado que gran parte de los recursos se deben al proceso iterativo de optimización-modelado-validación, especialmente cuando se trata con materiales reforzados con fibra corta, se afronta el problema desde el punto de definición de las propiedades mecánicas.

Según el procedimiento actual, se asigna al material unas propiedades isotropas, dado que la direccionalidad local de la fibra no es conocida. Así, una vez que se conoce la orientación de la misma, es necesario recalcular el modelo utilizando las propiedades

ortotrópicas. De manera implícita al proceso de inyección, se produce una orientación predominante de la fibra, de manera que esta queda contenida en planos paralelos a la superficie media del sólido. En estas condiciones, las propiedades en tales planos serán superiores a las transversales.

En la figura 5 se describe la metodología propuesta mediante un diagrama de flujo. Tras definir y discretizar el espacio de diseño específico para el componente, se aplican sobre el modelo las condiciones de contorno y se definen las variables a maximizar/minimizar, así como las restricciones impuestas por parte de las especificaciones del proceso y/o producto. En cuanto al material, se aplicarán en el primer ciclo propiedades de rigidez isotropas inicialmente estimadas mediante el modelo de Krenchel anteriormente expuesto.

Tras llevar a cabo un proceso de optimización preliminar mediante la aplicación de alguno de los métodos descritos, aplicando el MEF (Método de los Elementos Finitos), y fijado el valor de densidad artificial de elementos, ρ_e , se obtiene la geometría discreta que cumple con el objetivo y las restricciones impuestas al modelo. A continuación, se realiza sobre esta un cálculo aproximado de espesores mediante el algoritmo propuesto en el punto 4.2, lo cual permite conocer los planos de orientación de fibra locales, así como el espesor local. Conocidos los planos de orientación, se asignan propiedades direccionales locales a cada uno de los elementos del dominio discreto optimizado. Según el modelo de Krenchel y los valores de la tabla 1, conocer los planos de orientación implica la aplicación de un factor $K=3/8$, en lugar del inicialmente aplicado para fibras espacialmente no orientadas, donde $K=1/5$. Adicionalmente, se ten-

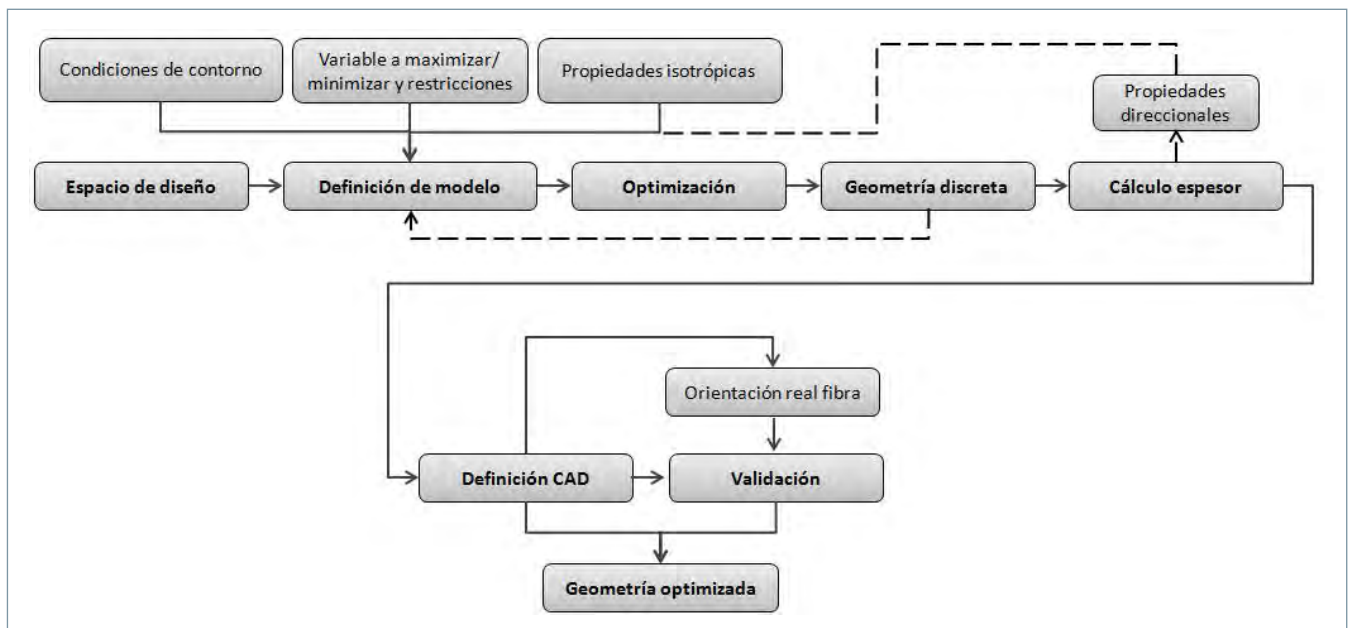


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología propuesta para optimizar componentes plásticos reforzados con fibra corta.

drá en cuenta que, para un determinado espesor, la fibra en capas más externas está mejor alineada con el flujo que aquellas localizadas en el núcleo, según la figura 3. Esto se tendrá en cuenta en el momento de asignar las propiedades locales. Como consecuencia, las propiedades mecánicas direccionales mejoran en un factor de 1.875, y se puede afirmar que el espacio de diseño obtenido para fibras aleatorias tridimensionales incluirá el resultado que se obtiene cuando se aplican propiedades orientadas en el plano. Por ello, la geometría optimizada obtenida en el primer ciclo puede ser utilizada como espacio de diseño para ciclos posteriores, siempre que estos tengan en cuenta la direccionalidad de los planos.

En la segunda etapa del proceso se define el espacio de diseño como el resultado obtenido del ciclo de optimización anterior, y no se requieren tareas de modelado CAD (Computer Aided Design). Asimismo, se definen las propiedades direccionales en función de las direcciones analizadas según el punto 4.2, mejorando en todos los casos respecto a las propiedades isotropas reducidas definidas en el primer ciclo. Las funciones objetivo, así como las restricciones, se mantendrán según el ciclo anterior. Tras el segundo análisis de optimización, el modelo habrá reducido aún más la masa total y los espesores locales, aunque la orientación de los planos locales no se habrá

visto afectada. En este punto, teniendo un modelo discreto que atiende a todas las restricciones, cargas y propiedades impuestas, puede procederse con las pautas de elaboración de una geometría continua detallada, de acuerdo con los requerimientos dimensionales, funcionales y estéticos especificados. Finalmente, puede recurrirse a un cálculo final de validación en el que se tendrá en cuenta el análisis de orientación de fibra real (mediante el análisis reológico específico del componente) y la geometría CAD anterior.

Cálculo de espesor, orientación de fibra y propiedades mecánicas locales

Dado que, según se mostró, las propiedades mecánicas son marcadamente dependientes del espesor, se deriva la necesidad de evaluar el espesor local en cada punto de la geometría optimizada, de manera que puedan asignarse las propiedades mecánicas correspondientes a cada elemento en función de su posición a lo largo del espesor.

Justificada la necesidad de calcular el espesor local y asignadas, en consecuencia, las propiedades mecánicas, se ha implementado un algoritmo que permite calcular tales valores, dada una geometría discretizada en forma de elementos. Hay multitud de métodos para la determinación de espesores tanto en geometrías 2D como 3D, como el de la máxima esfera circunscrita, utilizado en distinto *software* de

cálculo [48] o el de lanzamiento de rayos propuesto por Rolland-Nevière et al [52]. En este trabajo, se propone como punto de partida el uso del método híbrido, de lanzamiento de rayos, una dirección coincidente con la normal del elemento, si bien se recurrirá a alguno de los métodos anteriores, de mayor estabilidad y versatilidad cuando se trate de geometrías de gran complejidad.

Así, dada una geometría discretizada, el procedimiento de cálculo de espesores simplificado se basa en utilizar la dirección normal de los elementos 2D de la piel externa para encontrar su intersección con el plano definido por elemento al que corte. La distancia entre el origen del vector normal y el plano definirá el espesor local en las inmediaciones del elemento. Llevado a un caso de geometría bidimensional, una vez trazada la normal a un elemento 1D que pase por su centro y encontrado el punto de corte con la línea definida por un elemento enfrentado, se definirá el espesor local como la distancia entre ambos puntos, como se muestra en la figura 6. La línea trazada entre dos elementos definirá la línea media, que en el caso tridimensional será el plano medio.

El cálculo de las propiedades mecánicas elásticas puede realizarse mediante cualquiera de los modelos anteriormente descritos. Por simplicidad, en este caso se ha utilizado el

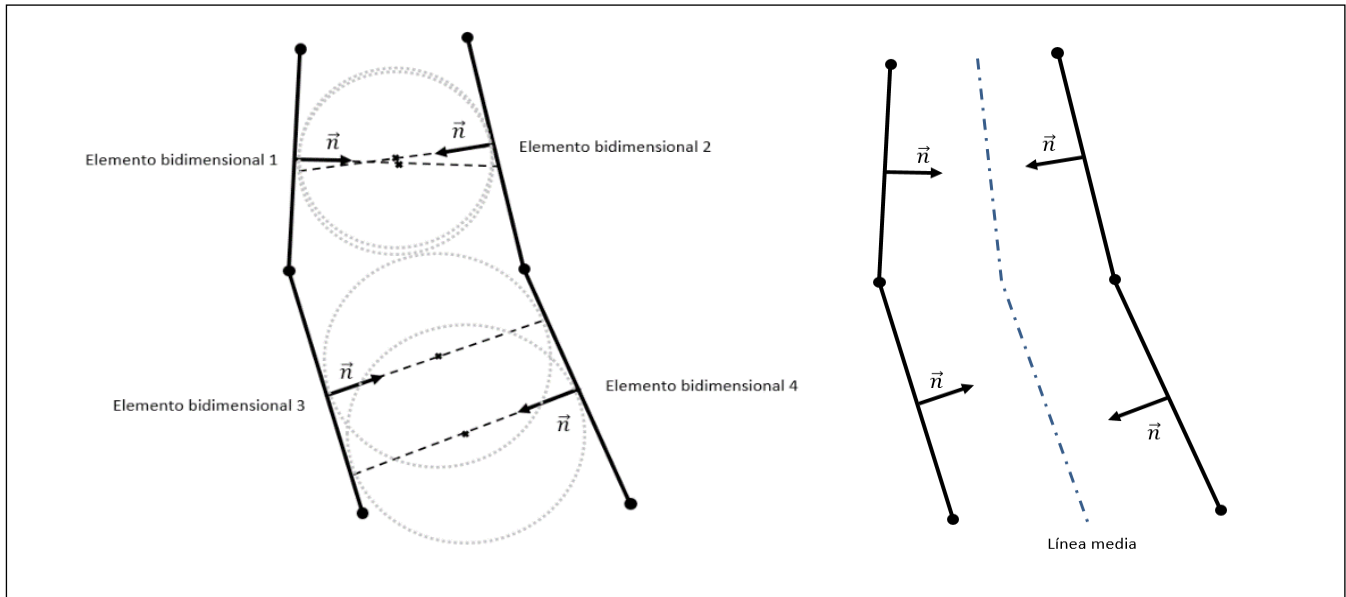


Figura 6. Ejemplo de aplicación del método de cálculo de espesores sobre una geometría bidimensional.

modelo de Krenchel, asumiendo los valores tabulados en la tabla 1. Para el nivel de resistencia, pueden asumirse, de manera general y desde el punto de vista conservador, los especificados por los ensayos a tracción cuando la dirección de la fibra coincide con la del esfuerzo, y las propiedades de la matriz cuando ambos son perpendiculares. La relación entre ambos dependerá de las propiedades de la matriz, de la fibra y de la fracción de fibra contenida.

Implementación

Para llevar a cabo la implementación se ha utilizado un modelo bidimensional sometido, de manera simplificada, a un estado de tracción pura generado por una carga P sobre una probeta simétrica de longitud h y ancho $2b$, quedando con una geometría como la mostrada en la figura 7a. Se asume un espacio de diseño en la zona central, sobre la que se optimizará su espesor, de ancho inicialmente $t = b$, y dos espacios de no diseño dedicados a la ubicación de las mordazas, según se muestra en la figura 7b. Dado que se trata de un ejemplo ilustrativo del método, se obvia el efecto de concentración de tensiones, dado que, además, por el reducido número de elementos se asume que cada elemento contribuye con valores de carga admisibles superiores al efecto de la concentración. En la aplicación extensiva, como la mostrada en el punto 5, pue-

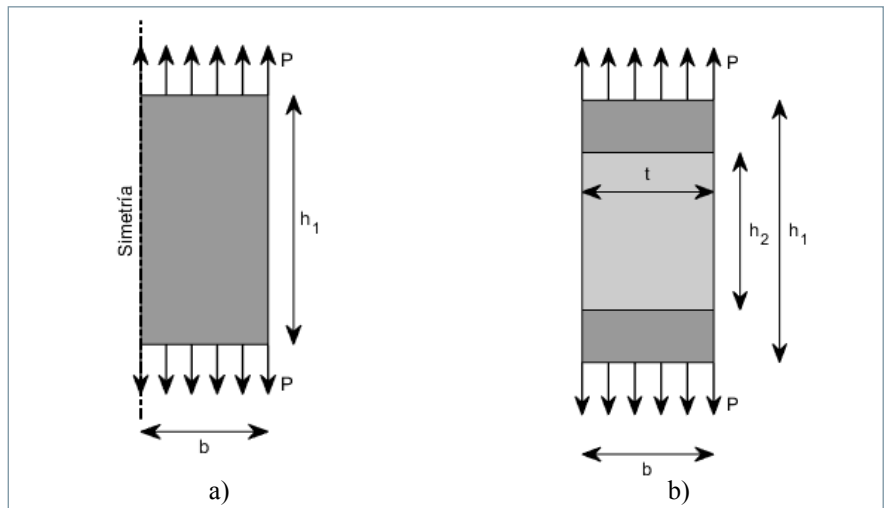


Figura 7. a) Definición de la geometría a optimizar, junto con las condiciones de contorno y cargas aplicadas, y b) definición del espacio de diseño, en gris claro, de ancho t y altura h_2 , y espacio de no diseño, en gris oscuro.

de incluirse *Rigid Body Element Type 3* (RB3), que distribuya y homogeneice la tensión en los puntos de aplicación de carga y de contorno. Igualmente, una malla de un tamaño suficientemente pequeño permitirá mantener las celdas necesarias para capturar los fenómenos de concentración. Con el mismo objetivo, los códigos de optimización suelen integrar modelos con este fin [30].

Tras la definición del espacio de diseño y espacio de no diseño (Fig. 8a), se realiza el primer ciclo de optimización, con unas propiedades mecánicas isotropas correspondientes a la fibra aleatoriamente orientada. Se imponen

en el modelo, además, las condiciones de contorno propias de la simetría. El resultado es el mostrado en la figura 8b, en la que la sección y la masa del espacio de diseño se han reducido al 60% del inicial.

Una vez redefinido el espacio de diseño obtenido del paso anterior, y aplicadas las propiedades mecánicas locales actualizadas en función del espesor calculado (con $K = 3/8$), se obtiene la geometría discreta mostrada en la figura 9a, y reconstruida de forma continua en la figura 9b y la figura 9c. El espesor obtenido es, finalmente, t , que supone solo el 40% del inicial.

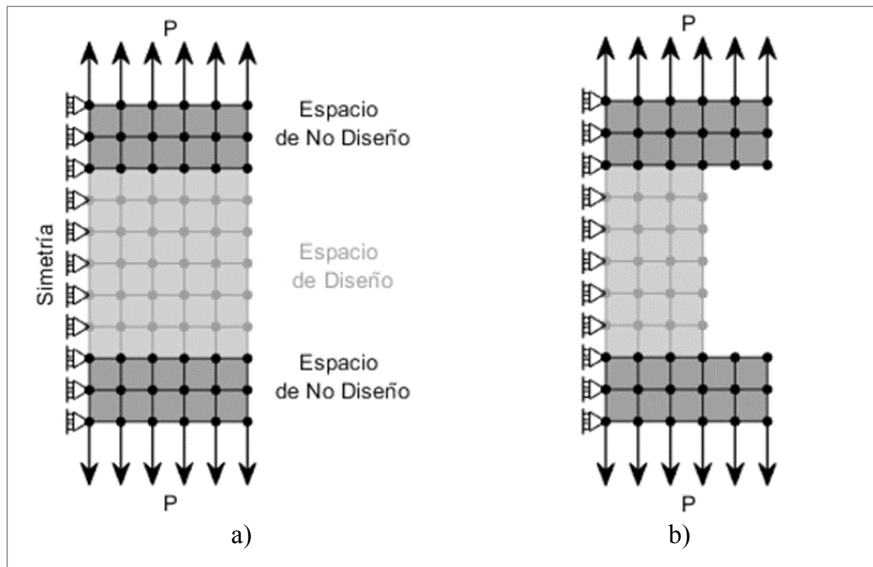


Figura 8. a) Modelo geométrico discretizado, con definición del dominio de diseño, en gris claro, y dominio de no diseño, en gris oscuro, y b) resultado obtenido de la optimización utilizando propiedades isotropas aleatorias ($K=1/5$), tras el ciclo 1.

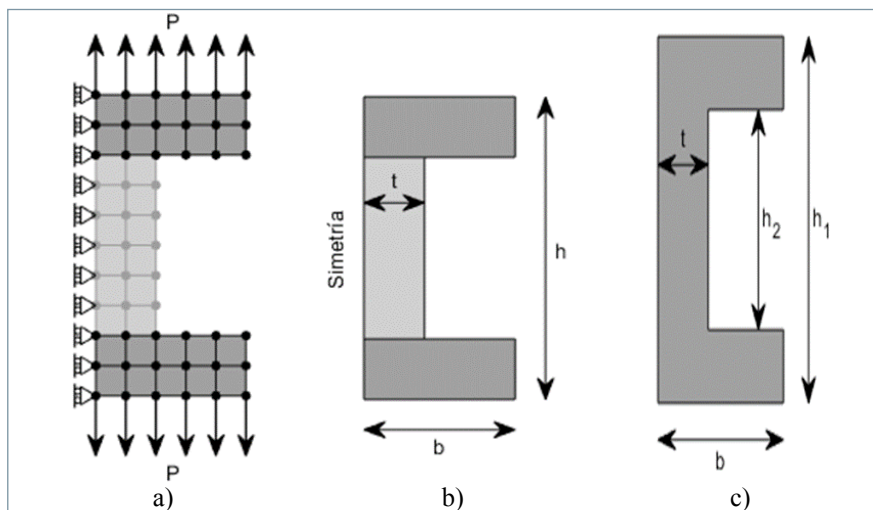


Figura 9. a) Resultado obtenido de la optimización utilizando propiedades en el plano ($K = 3/8$), tras el ciclo 2, b) recuperación de la geometría optimizada y c) modelo geométrico CAD reconstruido a partir de la geometría discreta optimizada.

Una vez obtenida la geometría optimizada, la simulación reológica reporta los resultados mostrados en la figura 10a, en la que se corroboran los resultados anticipados con relación a la orientación de fibra cuando los espesores se reducen hasta los valores usualmente utilizados en inyección de materiales poliméricos. Además, en la figura 10b se describe el valor de módulo elástico en la dirección vertical (Z) en función del espesor normalizado z/t . Puede observarse cómo, si no se tienen en cuenta las propiedades una vez optimizada la pieza, se comete un error destacable al imponer las propiedades mecánicas el modelo a optimizar.

Resultados y discusión: aplicación al diseño y validación

Aplicación a modelo de PA6GF30

La validación de la implementación propuesta se apoya en la comparativa de resultados con la metodología actual. Se han tenido en cuenta tanto las características mecánicas finales del conjunto como el tiempo de procesamiento requerido hasta llegar a la solución. Se utiliza OPTISTRUCT como algoritmo de cálculo en ambos casos, que implementa el método SIMP.

Para la aplicación se ha utilizado un caso de diseño específico de un componente de automoción, con-

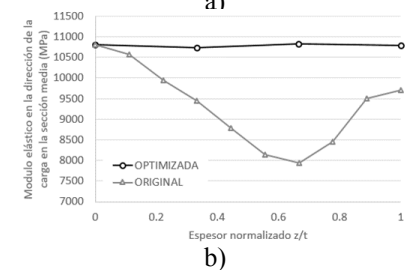
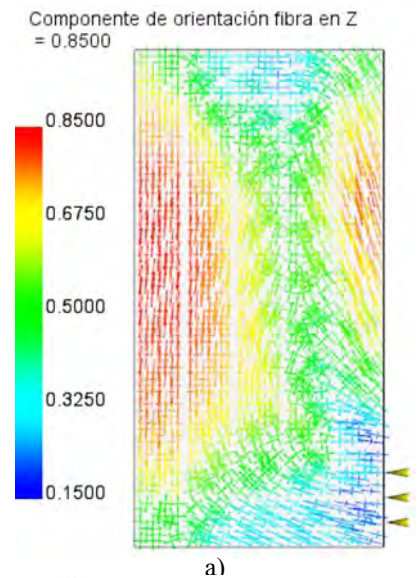
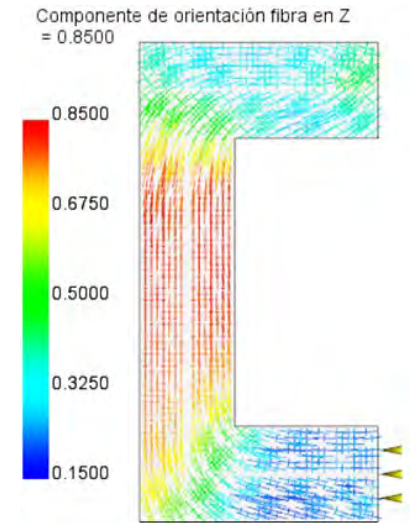


Figura 10. a) Resultados de orientación de fibra y b) módulo elástico para la geometría optimizada y sin optimizar en la sección señalada en a).

cretamente un accesorio de arrastre de motocicletas sometido, principalmente, a cargas de tracción y flexión. Como material de diseño se ha utilizado poliamida 66 reforzada con el 35% de fibra PA6-GF35 B3WG7 con las propiedades mecánicas obtenidas de Mortazavian et al. [53] en el estado de condición de humedad. Según el análisis experimental de Mortazavian et al

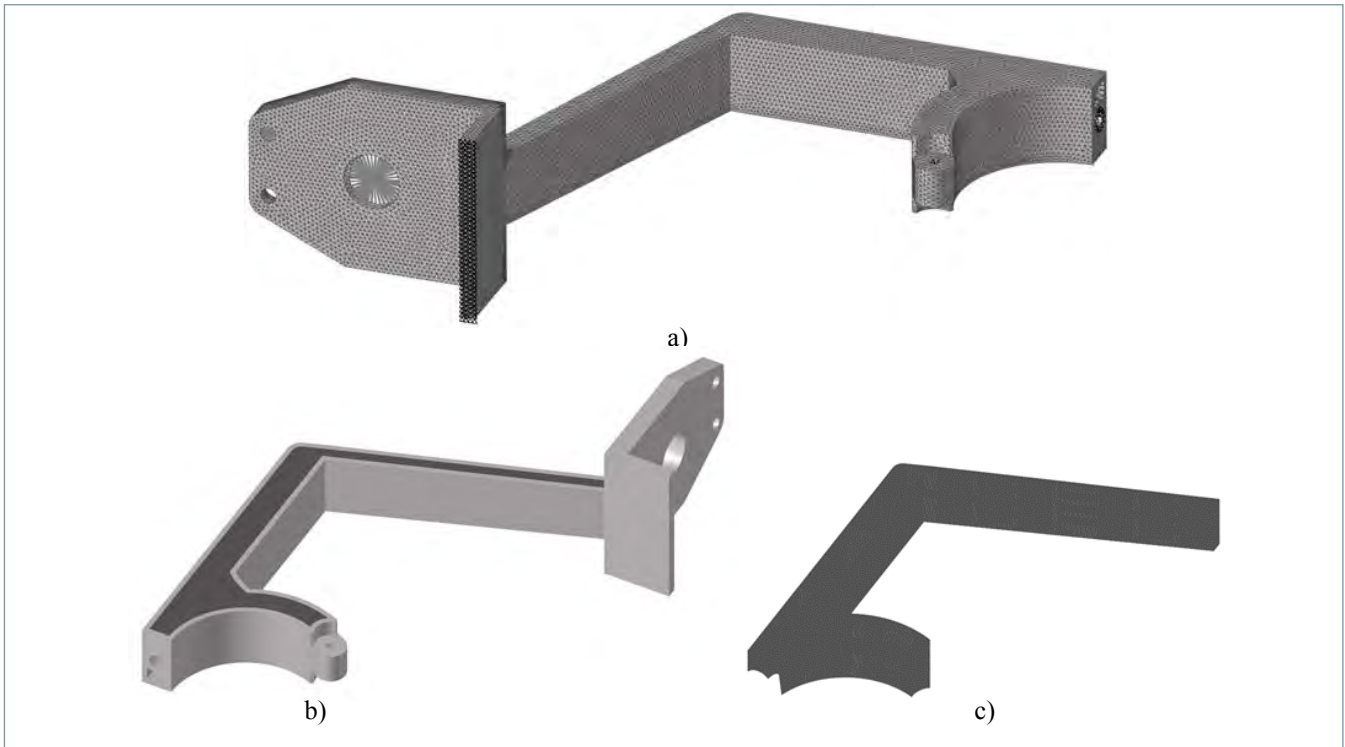


Figura 11. a) Modelo de tirador a optimizar con PA6 + GF35 %, b) conjunto y c) espacio de diseño.

[53], las propiedades a resistencia de la PA6-GF35 se ven incrementadas desde 90 MPa cuando la fibra es transversal al esfuerzo hasta los 150 MPa cuando la fibra está totalmente alineada con la dirección del esfuerzo.

Como punto de partida, se define un espacio de diseño según el indicado en la figura 11a, siendo el espacio de no diseño el impuesto por las condiciones de contorno y fijación, así como localización de insertos y tornillería, según se muestra en la figura 11b y en la figura 11c. En las condiciones de contorno como fijaciones, tornillería y puntos de aplicación de carga se añaden elementos de tipo RB3 (*Rigid Body Element Type 3*) con objeto de distribuir y homogenizar la carga, reduciendo así el efecto de concentración de tensión en tales zonas. El escenario de análisis se basa en una carga puntual de 1.500 N en una dirección que forma 25 grados sobre la horizontal. Como función objetivo se establece minimizar la masa del espacio de diseño mientras que se maximiza la flexibilidad en el extremo. La evolución de ambas variables durante la optimización se muestra en la figura 12, en la que también se ha añadido la masa total de conjunto. A medida que avanza el número de iteraciones, tanto la masa total como la del

espacio de diseño decrecen rápidamente, mientras que la flexibilidad muestra un fuerte aumento al comienzo para disminuir ligeramente en el punto de convergencia. Como restricciones, se impone que la tensión máxima no supere la del límite elástico del material, además de limitaciones en los espesores máximos, según el proceso de inyección, fijados entre 2 y 6 mm. Como propiedades mecánicas del primer modelo de optimización se consideran las correspondientes a aplicar $K=1/5$ en el modelo de Krenchel. Una vez que se obtiene el primer modelo optimizado,

en forma de geometría discretizada, se utiliza como entrada en el segundo ciclo de optimización. En este segundo ciclo, las propiedades mecánicas aplicadas corresponden a un factor de Krenchel $K=3/8$, además de tener en cuenta variaciones locales a lo largo del espesor. Así, en las capas alejadas de la piel, el factor K aplicado es más reducido, dado que la orientación en tales zonas es menos favorable.

Tras el segundo de optimización, y apoyándose en los patrones de distribución de elementos, se reconstruye la geometría continua según la figura

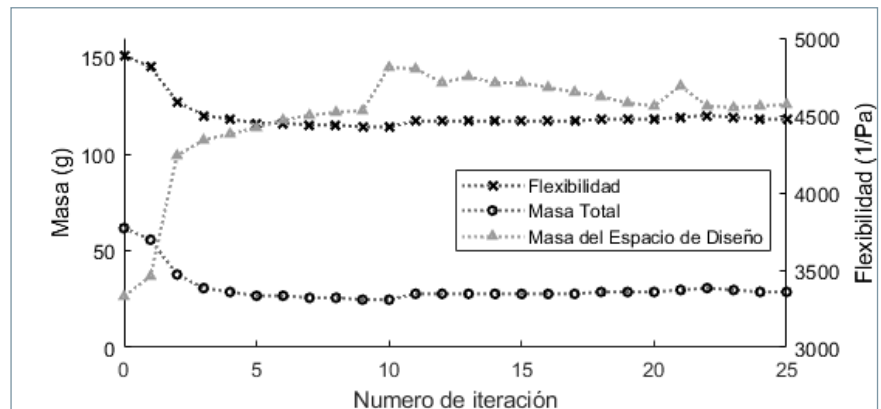


Figura 12. Evolución de la masa total, masa del espacio de diseño y flexibilidad en función del número de iteraciones para el primer ciclo de optimización.

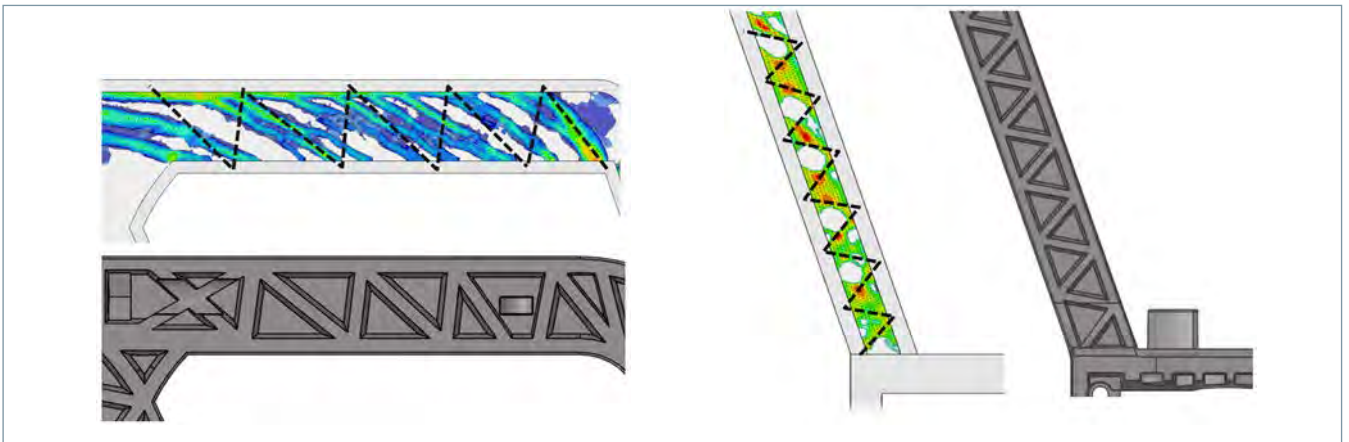


Figura 13. Reconstrucción de la geometría CAD a partir del resultado de la optimización.

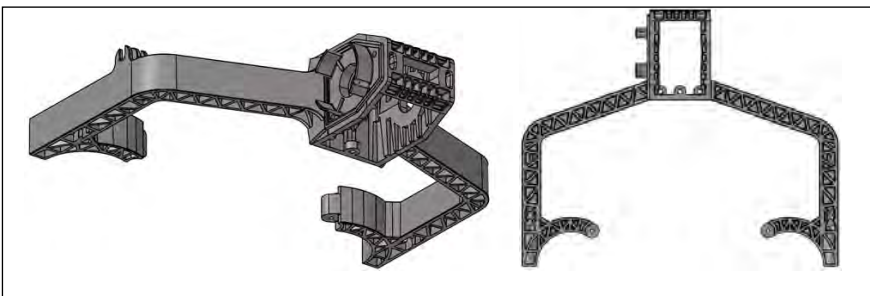


Figura 14. Geometría optimizada continua, resultado del proceso de optimización y modelado CAD.

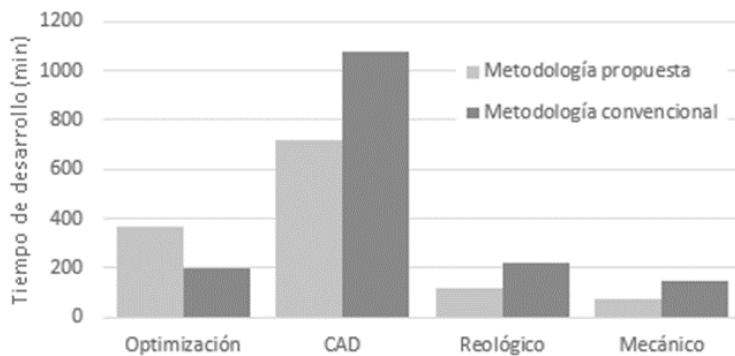


Figura 15. Comparativa de tiempo total empleado en cada fase de construcción del modelo CAD optimizado, según la aplicación de la metodología propuesta (gris claro) y la metodología convencional (gris oscuro).

13. La línea discontinua superpuesta al modelo muestra el patrón seguido para aplicar el nervado.

El resultado final de la geometría reconstruida es el mostrado en la figura 14, en la se observa el patrón nervado a lo largo del dominio del componente allí donde se ha definido el espacio de diseño.

En la figura 15 se muestra un resumen del número del tiempo empleado por cada una de las metodologías, incluyendo el tiempo empleado en la

preparación de los modelos. El tiempo computacional se ha tenido en cuenta como tiempo total de procesamiento. En la metodología propuesta, se han requerido dos ciclos de optimización consecutivos, de manera que el diseño, el análisis reológico y la mecánica solo han requerido un ciclo de validación. Por el contrario, la metodología convencional implica solamente un ciclo de optimización, pero requiere dos ciclos tanto en diseño CAD, análisis reológico y análisis mecánico, repeti-

dos en este mismo orden. En total, se ha encontrado una reducción de 1.680 minutos aplicando la metodología convencional a 1.283 minutos mediante la metodología propuesta, lo que supone una reducción del 23,6% en el tiempo total empleado.

Conclusiones

Mediante la implementación desarrollada en este trabajo, el cálculo de espesores y análisis de la orientación local aproximada del refuerzo, integrado en el proceso de cálculo, se permite utilizar un modelo no isótropo que reduce el número de ciclos necesarios para alcanzar un modelo mecánicamente válido, además de ofrecer soluciones topológicas más idóneas para el comportamiento ortótropo del material. Es posible aplicar la metodología desarrollada en aquellos componentes fabricados mediante moldeo por inyección y reforzados por fibra corta, dado que los espesores usuales se sitúan en rangos en los que la fibra queda contenida y alineada en planos que pueden ser calculados durante el proceso de optimización.

El hecho de garantizar que la fibra queda contenida y se orienta en un plano permite, en el modelo de Krenchel, el uso de propiedades mecánicas con un factor $K = 3/8$ en lugar de $K = 3/5$ correspondiente a fibra aleatoriamente orientada en el espacio. De esta manera, tras varios ciclos consecutivos de optimización se alcanza un modelo discreto válido para las condiciones impuestas, dado que ha tenido en cuenta la propia orientación de la fibra.

Tras realizar el proceso de optimización de una misma geometría y comparar los resultados obtenidos mediante la implementación propuesta y mediante la metodología tradicional, se ha encontrado una reducción total de tiempo del 23,6%, obteniendo geometrías finales muy similares. La aplicación de esta metodología a componentes más complejos podría aportar una mejora notable a los métodos de optimización actualizados actualmente utilizados en el diseño y la manufactura de componentes plásticos reforzados con fibra corta. Su desarrollo e integración en *software* específico de diseño resultará de interés para el sector.

Referencias

- [1] Huang, X. and Y. M. Xie. Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures. Methods and applications. UK: John Wiley & Sons, 2010.
- [2] Hassani, B. and E. Hinton. Homogenization and Structural Topology Optimization. Theory, Practice and Software. Springer, Berlin, 1999.
- [3] Rozvany, G. I. N. and T. Lewinski. Topology Optimization in Structural and Continuum Mechanics. London: Springer, 2014.
- [4] Cui, C., H. Ohmori, and M. Sasaki. Computational morphogenesis of 3D structures by extended ESO method. J. Inter. Assoc., vol. 44, pp. 51-61, 2003.
- [5] Ohmori, H., H. Futai, T. Iijima, and A. Muto. Application of computational morphogenesis to structural design, in Proceedings of Frontiers of Computational Sciences Symposium, 2005.
- [6] Sigmund, O. Tailoring materials with prescribed elastic properties. Mech. Mater., vol. 20, pp. 351-368, 2005.
- [7] Torquato, S., S. Hyun, and A. Donev. Multifunctional composites: optimizing microstructures for simultaneous transport of heat and electricity. Phys. Rev. Lett., vol. 89, 2002.
- [8] Zhou, S. and Q. Li. Design of graded two-phase microstructures for tailored elasticity gradients. J. Mater. Sci., vol. 43, pp. 5157-5167, 2008.
- [9] Bendsoe, M. P. and N. Kikuch. Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method. Comput. Methods Appl. Mech. Eng., vol. 71, pp. 197-224, 1998.
- [10] Michell, A. G. M. The Limits of Economy of Material in Frame Structures. Philos. Mag., vol. 6-8, pp. 589-597, 1904.
- [11] Querin, O. M., M. Victoria, C. Alonso, R. Ansola, and P. Martí. Topology Design Methods for Structural Optimization. London: Elsevier, 2017.
- [12] Haftka, R. T. and Z. Gürdal, Elements of Structural Optimization. Kluwer, Dordrecht, 1992.
- [13] Bendsoe, M. P. Optimal shape design as a material distribution problem. Struct. Optim., vol. 1, pp. 193-202, 1989.
- [14] Bendsoe, M. P. Optimization of Structural Topology, Shape, and Material. Berlin: Springer, 1995.
- [15] Bendsoe, M. P. and O. Sigmund. Topology optimisation, Theory, Methods and Applications. Berlin: Springer, 2003.
- [16] Rozvany, G. I. N. and M. Zhou. Applications of the COC algorithm in layout optimization, in Engineering Optimization in Design Processes, Berlin: Springer, 1990.
- [17] Allaire, G., F. Jouve, and A. M. Toader. Structural optimization using sensitivity analysis and a level-set method. J. Comput. Phys., vol. 194, pp. 363-393, 2004.
- [18] Amstutz, S. and H. André. A new algorithm for topology optimization using a level-set method. J. Comput. Phys., vol. 216, pp. 573-588, 2006.
- [19] Wang, M. Y., X. Wang, and D. Uo. A level set method for structural topology optimization. Comput. Methods Appl. Mech. Eng., vol. 192, pp. 227-246, 2003.
- [20] Mattheck, C. Engineering components grow like trees. Mater. Sci. Eng. Technol., vol. 21, pp. 143-168, 1990.
- [21] Mattheck, C., M. Scherrer, K. Bethge, and I. Tesari. Shape optimization: an analytical approach. WIT Trans. Built Environ., vol. 80, pp. 137-146, 2005.
- [22] Canonaco, M., V. Loher, U., Esslinger, and B. Weisse. Structural optimization methods. WIT Trans. Built Environ., vol. 28, pp. 381-392, 1997.
- [23] Xie, Y. M. and G. P. Steven. A simple evolutionary procedure for structural optimization. Comput. Struct., vol. 49, pp. 885-896, 1993.
- [24] Xie, Y. M. and G. P. Steven. Evolutionary Structural Optimization. Berlin: Springer, 1997.
- [25] Querin, O. M., G. P. Steven, and Y. M. Xie. Evolutionary structural optimization (ESO) using a bidirectional algorithm. Evol. Struct. Optim. using a bidirectional algorithm, vol. 15, pp. 1031-1048, 1998.
- [26] SIMULIA. Abaqus Topology Optimization Module. <https://www.3ds.com>. <https://www.3ds.com/fileadmin/PRODUCTS-SERVICES/SIMULIA/RESOURCES/SIMULIA-Abaqus-Topology-Optimization-Module.pdf> (accessed Apr. 15, 2020).
- [27] ANSYS. ANSYS Mechanical Topology Optimization. ANSYS Mechanical. .
- [28] FEMtools. FEMtools Optimization. Dynamic Design Solutions. <https://www.femtools.com/products/ftopt.htm> (accessed Mar. 30, 2020).
- [29] Nastran, M. MSC Nastran Topology Optimization product module. MSC Nastran. http://www.mssoftware.com/assets/3154_NA2004NOVZTOPZLTDAT.pdf (accessed May 05, 2020).
- [30] Altair. Topology Optimization in OptiStruct. HyperWorks OptiStruct. <https://altairuniversity.com/learning-library/topology-optimization-tutorial-bracket/>.
- [31] Services, C. E. CATOPO topology optimization toolkit. CATOPO. <https://www.catopo.com/> (accessed May 01, 2020).
- [32] Compute, D. M. E. and D. Topology Optimization codes. TOPOPT. <http://www.topopt.mek.dtu.dk/>.
- [33] CalculiX. Topology Optimization scripts. CalculiX. http://www.dhondt.de/ccx_2.15.pdf.
- [34] CASCADE, O. Topology Optimization codes. SALOME. <https://www.salome-platform.org/>.
- [35] Osswald, T. A. and J. P. Hernández-Ortiz. Polymer Processing: Modeling and Simulation. Munich, 2006.
- [36] Tang, S. H., Y. J. Tan, S. M. Sapuan, S. Sulaiman, N. Ismail, and R. Samin. The use of Taguchi method in the design of plastic injection mould for reducing warpage. J. Mater. Process. Technol., vol. 182, pp. 418-426, 2007.
- [37] Bozdana, A. T. and Ö. Eyercioglu. Development of an expert system for the determination of injection moulding parameters of thermoplastic materials: EX-PIMM. J. Mater. Process. Technol., vol. 128, pp. 113-122, 2002.
- [38] Khoshooee, N. and P. D. Coates. Application of the Taguchi method for consistent polymer melt production in injection moulding. Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf., pp. 611-620, 1998.
- [39] Tsoi, H.-P. and F. Gao. Control of injection velocity using a fuzzy logic rule-based controller for thermoplastics injection molding. Polym. Eng. Sci., vol. 39, 1999.
- [40] Fadiplast. Inyección y soplado de plásticos. Fadiplast. <https://fadiplast.com/> (accessed May 07, 2020).
- [41] Reynoso, S. L. Los polímeros plásticos: los conceptos básicos que debes conocer durante y al salir de la Universidad. México: Publicado independientemente, 2018.
- [42] Corporation, B. Bayer Engineering Polymers – Part and Mold Design: Thermoplastics. A Design Guide. 2000.
- [43] Jones, R. M. Mechanics Of Composite Materials, 2nd ed. Taylor & Francis, 2015.
- [44] Gibson, R. F. Principles of Composite Material Mechanics. CRC Press, 2016.
- [45] Papanthasiou, T. D. Flow-induced alignment in injection molding of fiber-reinforced polymer composites, in Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering, T. D. Papanthasiou and D. C. B. T.-F.-I. A. in C. M. Guell, Eds. Woodhead Publishing, 1997, pp. 112-165.
- [46] Vincent, M., T. Giroud, A. Clarke, and C. Eberhardt. Description and modeling of fiber orientation in injection molding of fiber reinforced thermoplastics. Polymer (Guildf.), vol. 46, no. 17, pp. 6719-6725, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2005.05.026>.
- [47] Launay, A., M. H. Maitournam, Y. Marco, and I. Raoult. Multiaxial fatigue models for short glass fiber reinforced polyamide – Part I: Nonlinear anisotropic constitutive behavior for cyclic response. Int. J. Fatigue, vol. 47, pp. 382-389, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2012.03.012>.
- [48] Autodesk. Autodesk Moldflow. Autodesk Moldflow. <https://www.autodesk.com/products/moldflow/overview> (accessed May 01, 2020).
- [49] Autodesk. Theoretical basis for fiber orientation prediction. Autodesk Moldflow. <https://help.autodesk.com/view/MFIA/2019/ENU/?guid=GUID-50FF496F-0E3E-43CE-B30B-4B12CC24F7DE>.
- [50] Krenchel, H. Fibre reinforcement: theoretical and practical investigations of the elasticity and strength of fibre-reinforced materials. Copenhagen: Akademisk Forlag, 1964.
- [51] Blumentritt, B. F., B. T. Cooper, and S. L. Vu. Mechanical properties of discontinuous fiber reinforced thermoplastics. II. Random in plane fiber orientation. Polym. Eng. Sci., vol. 15, no. 6, pp. 428-436, 1975, doi: <https://doi.org/10.1002/pen.760150606>.
- [52] Rolland-Nevière, X., D. Gwenael, and A. Pierre. Robust diameter-based thickness estimation of 3D objects. Graph. Models, vol. 75, no. 6, pp. 279-296, 2013.
- [53] Mortazavian, S. and A. Fatemi. Effects of fiber orientation and anisotropy on tensile strength and elastic modulus of short fiber reinforced polymer composites. Compos. Part B Eng., vol. 72, pp. 116-129, 2015.

Técnica Industrial, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad cuatrimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica tres números al año (marzo, julio y noviembre) y tiene una versión digital accesible en www.tecnicaindustrial.es. Los contenidos de la revista se estructuran en torno a un núcleo principal de artículos técnicos relacionados con la ingeniería, la industria y la innovación, que se complementa con información de la actualidad científica y tecnológica y otros contenidos de carácter profesional y humanístico.

Técnica Industrial. Revista de Ingeniería, Industria e Innovación pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, y, para ello, impulsa la excelencia editorial tanto en su versión impresa como en la digital. Para garantizar la calidad de los artículos técnicos, su publicación está sometida a un riguroso sistema de revisión por pares (*peer review*). La revista asume las directrices para la edición de revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt) y las del International Council of Scientific Unions (ICSU), con el fin de facilitar su indización en las principales bases de datos y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores.

Técnica Industrial considerará preferentemente para su publicación los trabajos más innovadores relacionados con la ingeniería industrial. Todos los artículos técnicos remitidos deben ser originales, inéditos y rigurosos, y no deben haber sido enviados simultáneamente a otras publicaciones. Sus autores son los únicos responsables de las afirmaciones vertidas en los artículos. Todos los originales aceptados quedan como propiedad permanente de *Técnica Industrial*, y no podrán ser reproducidos en parte o totalmente sin su permiso. El autor cede, en el supuesto de publicación de su trabajo, de forma exclusiva a la Fundación Técnica Industrial, los derechos de reproducción, distribución, traducción y comunicación pública (por cualquier medio o soporte sonoro, audiovisual o electrónico) de su trabajo.

Tipos de artículos La revista publica artículos originales (artículos de investigación que hagan alguna aportación teórica o práctica en el ámbito de la revista), de revisión (artículos que divulguen las principales aportaciones sobre un tema determinado), de innovación (artículos que expongan nuevos procesos, métodos o aplicaciones o bien aporten nuevos datos técnicos en el ámbito de la ingeniería industrial) y de opinión (comentarios e ideas sobre algún asunto relacionado con la ingeniería industrial). Además, publica un quinto tipo de artículos, el dossier, un trabajo de revisión sobre un tema de interés encargado por la revista a expertos en la materia.

Redacción y estilo El texto debe ser claro y ajustarse a las normas convencionales de redacción y estilo de textos técnicos y científicos. Se recomienda la redacción en impersonal. Los autores evitarán el abuso de expresiones matemáticas y el lenguaje muy especializado, para así facilitar la comprensión de los no expertos en la materia. Las mayúsculas, negritas, cursivas, comillas y demás recursos tipográficos se usarán con moderación, así como las siglas (para evitar la repetición excesiva de un término de varias palabras se podrá utilizar una sigla a modo de abreviatura, poniendo entre paréntesis la abreviatura la primera vez que aparezca en el texto). Las unidades de medida utilizadas y sus abreviaturas serán siempre las del sistema internacional (SI).

Estructura Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

1. Presentación y datos de los autores. El envío de artículos debe hacerse con una carta (o correo electrónico) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación y opinión); 1.3 Breve explicación del interés del mismo; 1.4 Código Unesco de cuatro dígitos del área de conocimiento en la que se incluye el artículo para facilitar su revisión (en la página web de la revista figuran estos códigos); 1.5 Nombre completo, correo electrónico y breve perfil profesional de todos los autores (titulación y posición laboral actual, en una extensión máxima de 300 caracteres con espacios); 1.6 Datos de contacto del autor principal o de correspondencia (nombre completo, dirección postal, correo electrónico, teléfonos y otros datos que se consideren necesarios). 1.7 La cesión de los derechos al editor de la revista. 1.8 La aceptación de estas normas de publicación por parte de los autores.

2. Texto. En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta es-

tructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede reproducirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

1.1 Introducción. No debe ser muy extensa pero debe proporcionar la información necesaria para que el lector pueda comprender el texto que sigue a continuación. En la introducción no son necesarias tablas ni figuras.

1.2 Métodos. Debe proporcionar los detalles suficientes para que una experiencia determinada pueda repetirse.

1.3 Resultados. Es el relato objetivo (no la interpretación) de las observaciones efectuadas con el método empleado. Estos datos se expondrán en el texto con el complemento de las tablas y las figuras.

1.4 Discusión y/o conclusiones. Los autores exponen aquí sus propias reflexiones sobre el tema y el trabajo, sus aplicaciones, limitaciones del estudio, líneas futuras de investigación, etcétera.

1.5 Agradecimientos. Cuando se considere necesario se citará a las personas o instituciones que hayan colaborado o apoyado la realización de este trabajo. Si existen implicaciones comerciales también deben figurar en este apartado.

1.6 Bibliografía. Las referencias bibliográficas deben comprobarse con los documentos originales, indicando siempre las páginas inicial y final. La exactitud de estas referencias es responsabilidad exclusiva de los autores. La revista adopta el sistema autor-año o estilo Harvard de citas para referenciar una fuente dentro del texto, indicando entre paréntesis el apellido del autor y el año (Apple, 2000); si se menciona más de una obra publicada en el mismo año por los mismos autores, se añade una letra minúscula al año como ordinal (2000a, 2000b, etcétera). La relación de todas las referencias bibliográficas se hará por orden alfabético al final del artículo de acuerdo con estas normas y ejemplos:

1.6.1 Artículo de revista: García Arenilla I, Aguayo González F, Lama Ruiz JR, Soltero Sánchez VM (2010). Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audioguía de ciudades. *Técnica Industrial* 289: 34-45.

1.6.2 Libro: Roldán Vilorio J (2010). *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Paraninfo, Madrid. ISBN 978-84-283-3202-6.

1.6.3 Material electrónico: Anglia Ruskin University (2008). University Library. Guide to the Harvard Style of Referencing. Disponible en: http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard_referencing.pdf. (Consultado el 1 de diciembre de 2010).

3. Tablas y figuras. Deben incluirse solo las tablas y figuras imprescindibles (se recomienda que no sean más de una docena). Las fotografías, gráficas e ilustraciones se consideran figuras y se referenciarán como tales. El autor garantiza, bajo su responsabilidad, que las tablas y figuras son originales y de su propiedad. Todas deben ir numeradas, referenciadas en el artículo (ejemplo: tabla 1, figura 1, etc.) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (300 ppp), y sus números y leyendas de un tamaño adecuado para su lectura e interpretación. Con independencia de que vayan insertas en el documento del texto, cada figura debe remitirse, además, en un fichero aparte con la figura en su formato original para que puedan ser editados los textos y otros elementos.

Extensión Para los artículos originales, de revisión y de innovación, se recomienda que la extensión del texto no exceda las 15 páginas de 30 líneas a doble espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios). No se publicarán artículos por entregas.

Entrega Los autores remitirán sus artículos a través del enlace *Envío de artículos* de la página web de la revista (utilizando el formulario de envío de artículos técnicos), en el que figuran todos los requisitos y campos que se deben rellenar; de forma alternativa, se pueden enviar al correo electrónico cogiti@cogiti.es. Los autores deben conservar los originales de sus trabajos, pues el material remitido para su publicación no será devuelto. La revista acusará recibo de los trabajos remitidos e informará de su posterior aceptación o rechazo, y se reserva el derecho de acortar y editar los artículos.

Técnica Industrial no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados y se reserva el derecho de publicar cualquiera de los trabajos y textos remitidos (informes técnicos, tribunas, información de colegios y cartas al director), así como el de resumirlos o extraerlos cuando lo considere oportuno. Los autores de las colaboraciones garantizan, bajo su responsabilidad, que las fotos, tablas y figuras son originales y de su propiedad.

Superficies de baja mojabilidad por micromecanizado en aleaciones de aluminio y magnesio (Al-Mg)

Low wettability surfaces by micromachining in aluminum and magnesium alloys

Guillermo Guerrero-Vaca¹, Óscar Rodríguez-Alabanda¹, Pablo Romero-Carrillo¹, Esther Molero¹, Sergio Miranda¹

Resumen

La aplicación práctica de superficies de baja mojabilidad se ve, a menudo, limitada por instalaciones complejas y elevados costes de ejecución. Este trabajo aborda un nuevo método para obtener superficies de características hidrofóbicas mediante fresado con herramientas esféricas de Ø 1, 1,5 y 2 mm, además de una modificación química posterior. Las superficies tratadas son planas y de una aleación de aluminio EN-AW 5182. Los factores variables del proceso han sido el paso, la profundidad y la altura de perfil. Se ha realizado un programa de ensayos y se han fabricado una serie de probetas representativas de la influencia de estas variables tecnológicas en un rango de valores determinado. Las probetas han sido hidrofobizadas con sales de cerio y teflón. Se ha medido ángulo de deslizamiento y rugosidad superficial. Además, las probetas han sido sometidas a ensayos de durabilidad. Finalmente, se ha realizado un estudio sobre el nivel jerárquico de la superficie que ha determinado las texturas y estrategias más eficientes y robustas para reducir la mojabilidad en la superficie de aluminio texturizada y tratada.

Palabras clave

Micromecanizado, superficie hidrofóbica, ángulo de deslizamiento, Al-Mg, sales de cerio, teflón

Abstract

The practical application of low wettability surfaces is often limited by complex installations and high execution costs. This work is focused on a new method to obtain surfaces with hydrophobic characteristics by milling with spherical tools of Ø 1, 1.5 and 2 mm, in addition to a subsequent chemical modification. The treated surfaces are flat and made of an EN-AW 5182 aluminum alloy. The variable factors of the process have been the step, the depth and the height of the profile. A test program has been carried out and a series of test pieces representative of the influence of these technological variables in a given range of values have been manufactured. The specimens have been hydrophobized with cerium and teflon salts. Slip angle and surface roughness have been measured. In addition, the specimens have been subjected to durability tests. Finally, a study has been carried out on the hierarchical level of the surface, determining the most efficient and robust textures and strategies to reduce wettability in the textured and treated aluminum surface.

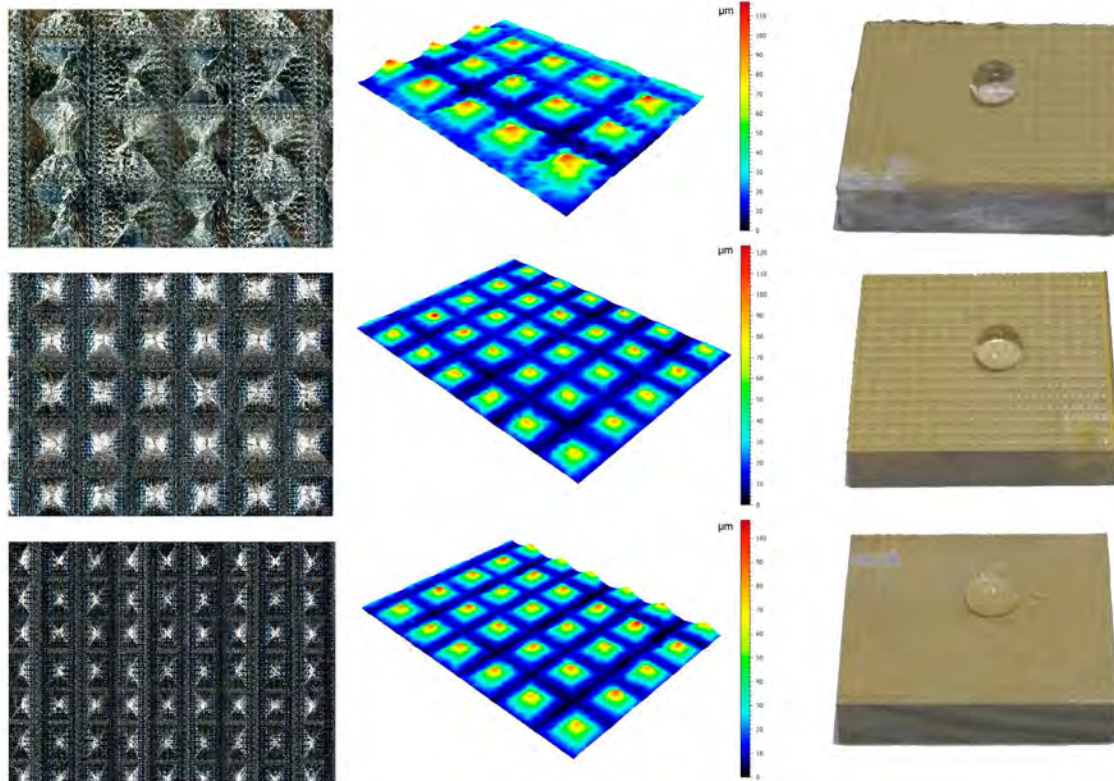
Keywords

Micromachining, hydrophobic surface, sliding angle, Al-Mg, cerium salts, teflon

Recibido / received: 20/06/2021. Aceptado / accepted: 14/10/2021.

¹Departamento de Mecánica, Universidad de Córdoba.

Autores para correspondencia: E-mails: guillermo.guerrero@uco.es, orodriguez@uco.es, p2rocap@uco.es, esther.molero@uco.es



Introducción

Las superficies con baja o nula mojabilidad han recibido un interés creciente por parte de los investigadores desde finales de la década de 1990 debido a su enorme potencial de aplicación en áreas como superficies autolimpiantes, antihielo, antibacterianas y anticorrosión, entre otras.

Las formas de abordar la obtención de superficies repelentes es muy diversa y han sido ampliamente estudiadas. Entre estos procedimientos se encuentran: la deposición química de vapor, la electrodeposición, el grabado químico, la litografía, recubrimientos sol-gel y recubrimientos con nanopartículas, etc.^{1,2}.

En muchos casos el proceso es complejo, el coste es elevado y los reactivos químicos son peligrosos y caros. Es por ello interesante explorar otros procedimientos más simples, económicos y amigables con el medio ambiente, que tengan una mejor escalabilidad industrial. Este trabajo desarrolla un enfoque novedoso al generar superficies jerarquizadas mediante un micromecanizado y una posterior hidrofobización.

Recientemente, con similares objetivos se encuentran algunos progresos en la fabricación de superficies meca-

nizadas, por ejemplo mediante torneado de sustratos de cobre³, microfresado de aleaciones de Ti-6Al-4V para mejorar rendimiento biotribológico⁴, microfresados de herramientas quirúrgicas con propiedades antibacterianas⁵, mecanizado mediante electroerosión de la aleación EN AW-6061 de aluminio⁶ y microfresado de la aleación EN AW-3003 también de aluminio⁷.

En este trabajo se ha realizado un mecanizado con microherramientas de cabeza semiesférica sobre superficies planas de una aleación de aluminio de la serie 5000. Después las superficies mecanizadas han sido modificadas empleando dos técnicas de hidrofobización diferentes: inmersión en sales de cerio y aplicación de teflón.

El objetivo de este trabajo ha sido comprobar cuál de las estrategias seleccionadas producen una mayor disminución del ángulo de deslizamiento, indicador de la hidrofobicidad, y cuáles son los valores más adecuados en cada una de las variables tecnológicas implicadas en el proceso.

Los resultados son interesantes por la simplicidad del proceso, su bajo coste y la capacidad de fabricar grandes superficies para el desarrollo de materiales con nuevas funcionalidades.

Material y métodos

Se han utilizado 18 probetas de 25 × 25 × 5 mm de EN-AW 5182 H111 (Broncesval, Valencia, España) mecanizadas con fresas de metal duro integral Garant 207106 (Hoffman Group, Madrid, España) de Ø 1, 1,5 y 2 mm (Figura 1). El micromecanizado se ha realizado en un centro de mecanizado Chevalier QP2026-L (Grupo Redyma, Sevilla, España) de 3 ejes de CNC. Para la programación de las estrategias de mecanizado y la obtención del programa de CNC se ha utilizado el *software* Mastercam X (CNC Software, Inc, Tolland, EE.UU.).

El avance de la herramienta ha sido programado a 450 mm/min y la velocidad giro del cabezal se ha fijado en 6.500 rpm en todos los casos. Estos valores están del lado de la seguridad según las especificaciones del fabricante de la herramienta. Se han fijado tres alturas del perfil micromecanizado (altura de perfil) 0,06, 0,10 y 0,14 mm. Estas fueron seleccionadas tras ensayos preliminares con el objetivo de asegurar la integridad del filo y tras el análisis de trabajos que proponen geometrías con niveles de altura del mismo orden a nivel macroscópico^{5,8}. Una vez fijada la altura del microme-



Figura 1. Arriba: tipo de fresa seleccionada en el trabajo con punta esférica de MDI sin revestimiento Garant 207106; abajo: herramientas utilizadas: de deracha a izquierda Ø1, 1,5 y 2 mm.

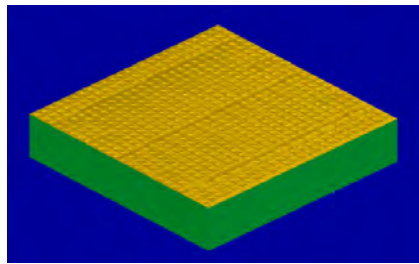


Figura 2. Aspecto superficial del microfresado (MastercamX).

canizado y conocida la geometría de la herramienta, el paso lateral queda pre-determinado. La tabla 1 muestra los datos del plan de ensayos.

En la figura 2 se observa el aspecto del mecanizado obtenido a partir de la simulación en el *software* MastercamX y en la figura 3 se puede apreciar la relación entre la altura de cresta y el paso lateral seleccionado para algunos casos representativos. La figura 4 muestra el aspecto final de las probetas micromecanizadas.

Procedimientos de hidrofobización

Las probetas, tras el mecanizado, han sido limpiadas concienzudamente en dos ciclos: un primer ciclo consistente en proyección de aire comprimido sobre la superficie y un segundo mediante un baño en ultrasonidos con etanol durante 15 minutos.

En el caso del procedimiento de inmersión en cloruro de cerio, se ha

| Numero de probeta | S (rpm) | F (mm/min) | Radio de punta (mm) | Altura de cresta (mm) | Paso lateral (mm) |
|-------------------|---------|------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| R 0,5_CR06 | 6.500 | 450 | 0,5 | 0,06 | 0,475 |
| R 0,5_CR10 | 6.500 | 450 | 0,5 | 0,10 | 0,600 |
| R 0,5_CR14 | 6.500 | 450 | 0,5 | 0,14 | 0,690 |
| R 0,75_CR06 | 6.500 | 450 | 0,75 | 0,06 | 0,587 |
| R0,75_CR10 | 6.500 | 450 | 0,75 | 0,10 | 0,748 |
| R0,75_CR14 | 6.500 | 450 | 0,75 | 0,14 | 0,872 |
| R 1_CR06 | 6.500 | 450 | 1,00 | 0,06 | 0,682 |
| R1_CR10 | 6.500 | 450 | 1,00 | 0,10 | 0,870 |
| R1_CR14 | 6.500 | 450 | 1,00 | 0,14 | 1,020 |

Tabla 1. Datos de micromecanizado y probetas

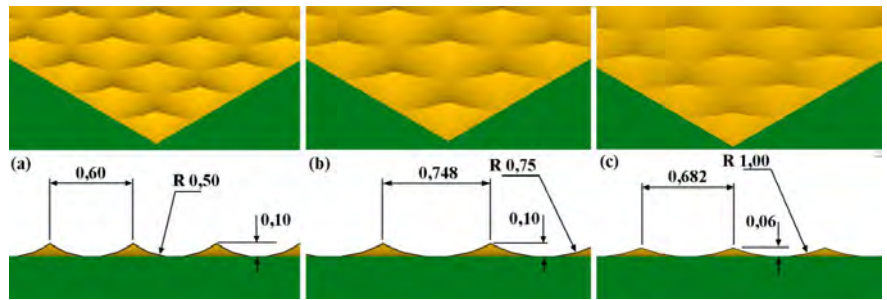


Figura 3. Arriba: detalle de la textura con herramienta de Ø1, 1,5 y 2 mm; abajo: sección de la superficie, altura de perfil y paso para las probetas: (a) R0,5_CR10, (b) R0,75_CR10 y (c)R1_CR06-.

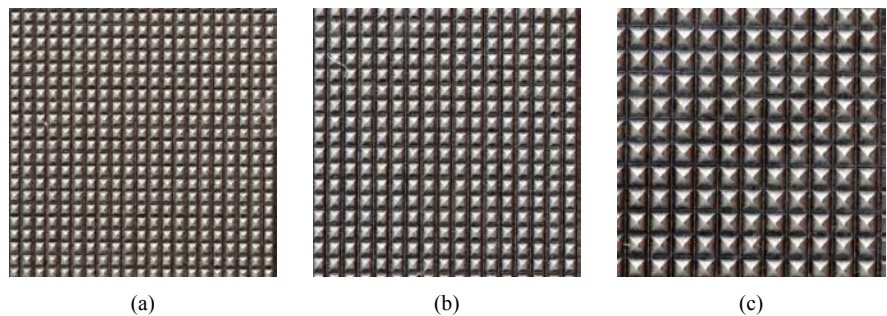


Figura 4. Imágenes del micromecanizado efectuado con altura de perfil de 0,06 mm, (a) para herramienta de Ø 1 mm (paso lateral = 0,475 mm), (b) 1,5 mm (paso lateral = 0,587) y (c) 2 mm (paso lateral = 0,682).

realizado un baño con 195 ml de agua ionizada, 7,82 g de cloruro de cerio (III) y 11,7 ml de peróxido de sodio, homogeneizando toda la mezcla mediante un agitador magnético⁹. Las probetas han sido introducidas en un recipiente con esta disolución y se han calentado en una estufa a 70 °C durante una hora. Posteriormente, las muestras se enjuagan con agua ionizada y se

les aplica un secado con aire caliente.

El siguiente paso ha sido preparar una solución de 200 ml de etanol y 1,72 g de ácido esteárico homogeneizada mediante un agitador magnético. Las muestras se introducen en esta solución durante 1 hora y media. Finalmente, se extraen, se limpian con etanol y son secadas en una estufa a 60 °C durante 30 minutos.

| | R_a (μm) | R_z (μm) | ángulo de deslizamiento ($^\circ$) |
|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| EN AW 5182 H11 | $0,24 \pm 0,06$ | $1,1 \pm 0,1$ | $27,5 \pm 1,3$ |

Tabla 2. Rugosidad R_a y R_z y ángulo de deslizamiento en estado de suministro

| Probeta | Micromecanizado | Micromecanizado + inmersión en cloruro de cerio | Micromecanizado + teflón |
|-------------|------------------|---|--------------------------|
| R 0,5_CR06 | $4,58 \pm 0,45$ | $2,97 \pm 1,35$ | $4,18 \pm 0,54$ |
| R 0,5_CR10 | $13,68 \pm 1,13$ | $9,50 \pm 1,02$ | $13,64 \pm 1,21$ |
| R 0,5_CR14 | $16,48 \pm 1,57$ | $11,28 \pm 1,23$ | $16,20 \pm 1,42$ |
| R 0,75_CR06 | $9,09 \pm 0,87$ | $7,96 \pm 1,91$ | $8,52 \pm 0,91$ |
| R0,75_CR10 | $13,00 \pm 1,65$ | $12,58 \pm 1,10$ | $12,34 \pm 1,45$ |
| R0,75_CR14 | $20,32 \pm 2,31$ | $19,33 \pm 1,42$ | $20,44 \pm 2,10$ |
| R 1_CR06 | $6,05 \pm 0,57$ | $5,72 \pm 0,93$ | $6,02 \pm 1,23$ |
| R1_CR10 | $15,07 \pm 1,76$ | $14,57 \pm 2,02$ | $15,18 \pm 1,76$ |
| R1_CR14 | $21,20 \pm 2,02$ | $20,30 \pm 1,28$ | $26,75 \pm 2,45$ |

Tabla 3. Rugosidad R_a (μm) de las probetas micromecanizadas y tratadas con inmersión en cloruro de cerio y micromecanizadas y recubiertas con teflón

| Probeta | Micromecanizado | Micromecanizado + inmersión en cloruro de cerio | Micromecanizado + teflón |
|-------------|------------------|---|--------------------------|
| R 0,5_CR06 | $40,09 \pm 0,87$ | $37,68 \pm 0,95$ | $40,00 \pm 0,77$ |
| R 0,5_CR10 | $32,45 \pm 1,05$ | $30,27 \pm 1,25$ | $32,48 \pm 1,31$ |
| R 0,5_CR14 | $42,38 \pm 1,22$ | $39,23 \pm 1,43$ | $42,74 \pm 1,14$ |
| R 0,75_CR06 | $36,85 \pm 1,96$ | $37,24 \pm 0,71$ | $35,84 \pm 1,03$ |
| R0,75_CR10 | $34,56 \pm 1,07$ | $29,47 \pm 1,34$ | $31,40 \pm 1,76$ |
| R0,75_CR14 | $44,51 \pm 1,62$ | $40,25 \pm 1,03$ | $45,54 \pm 1,24$ |
| R 1_CR06 | $36,11 \pm 1,27$ | $35,39 \pm 1,13$ | $35,98 \pm 1,56$ |
| R1_CR10 | $43,42 \pm 1,86$ | $40,95 \pm 1,00$ | $43,89 \pm 1,69$ |
| R1_CR14 | $42,20 \pm 1,42$ | $39,67 \pm 1,65$ | $42,16 \pm 1,38$ |

Tabla 4. Rugosidad R_z (μm) de las probetas micromecanizadas y tratadas con inmersión en cloruro de cerio y micromecanizadas y recubiertas con teflón

Un segundo procedimiento de hidrofobización ha consistido en la proyección de un spray que contiene teflón AF1600 (Sigma-Aldrich, Misuri, EE.UU.) disuelto en FC72 (3M, Minnesota, EEUU), en una proporción de 1/20 en volumen. La disolución se ha preparado mediante una botella pulverizadora de 30 ml. Se han realizado dos pulsos de spray a 150 mm de distancia de las probetas hasta obtener una deposición uniforme. El primer spray ha secado al aire durante 30 minutos y, posteriormente, después de la segunda proyección, se ha secado el conjunto en una estufa a 100 °C durante 30 minutos¹⁰.

Por otro lado, se ha determinado la rugosidad superficial de las texturas y se han medido R_a y R_z , obtenidas mediante un rugosímetro de patín modelo Mitutoyo SJ-201 (Grupo Unceta, Guipúzcoa, España). Las medidas se reiteraron tres veces para cada caso. La hidrofobicidad de la superficie se ha obtenido en función del valor del ángulo de deslizamiento al agua. Este se ha medido a través de una plataforma basculante motorizada. Sobre la probeta dispuesta en horizontal se han depositado gotas de agua destilada de 50 μl y, seguidamente, la plataforma bascula a razón de 0,33 grados/s. La mesa dispone de forma solidaria de un goniómetro con apreciación de centésimas de minuto de grado. Una vez la gota desliza por completo se anota el valor del ángulo de deslizamiento. Las medidas han sido reiteradas tres veces para cada caso.

Finalmente, se ha realizado un ensayo de durabilidad basado en el método B de la norma ASTM D 3359-09¹¹. Las probetas se disponen en una superficie horizontal y se les aplica una cinta adhesiva Scotch-600. Sobre la cinta se deposita una masa de 1 kg con una presión de 16 kPa. La cinta es retirada según las prescripciones de la norma. La operación se reiteró en sucesivos ciclos y se estimó la pérdida de hidrofobicidad de la superficie nuevamente por el procedimiento de determinación del ángulo de deslizamiento al agua.

Resultados

Inicialmente, se ha estudiado el valor de la rugosidad de las probetas en estado de suministro. De igual forma, se ha determinado el ángulo de deslizamiento al agua en el mismo esta-

| Probeta | Micromecanizado | Micromecanizado + inmersión cloruro de cerio | Micromecanizado + teflón |
|-------------|-----------------|--|--------------------------|
| R 0,5_CR06 | 18,31 ± 0,86 | 14,80 ± 0,76 | 9,86 ± 0,15 |
| R 0,5_CR10 | 15,95 ± 0,95 | 13,46 ± 0,15 | 14,43 ± 0,34 |
| R 0,5_CR14 | 15,17 ± 0,67 | 13,95 ± 0,21 | 14,35 ± 0,51 |
| R 0,75_CR06 | 17,61 ± 0,98 | 34,15 ± 0,34 | 8,93 ± 0,08 |
| R0,75_CR10 | 16,26 ± 0,55 | 33,78 ± 0,45 | 10,70 ± 0,46 |
| R0,75_CR14 | 20,61 ± 0,69 | 20,31 ± 0,65 | 10,80 ± 0,75 |
| R 1_CR06 | 24,01 ± 0,24 | 24,05 ± 1,03 | 9,08 ± 0,33 |
| R1_CR10 | 26,45 ± 0,51 | 25,45 ± 0,87 | 13,50 ± 0,58 |
| R1_CR14 | 23,45 ± 0,81 | 22,45 ± 0,72 | 13,76 ± 0,35 |

Tabla 5. Ángulo de deslizamiento (en grados) de las probetas solamente micromecanizadas, micromecanizadas y tratadas con inmersión en cloruro de cerio y micromecanizadas y recubiertas con teflón

| Ángulo de deslizamiento (°) para la probeta R0,5_CR06 | | |
|---|--|--------------------------|
| Número de ciclos | Micromecanizado + inmersión cloruro de cerio | Micromecanizado + teflón |
| 0 | 13,25 ± 0,15 | 9,10 ± 0,10 |
| 1 | 13,27 ± 0,25 | 9,27 ± 0,15 |
| 2 | 13,55 ± 0,21 | 9,38 ± 0,25 |
| 3 | 14,36 ± 0,33 | 9,40 ± 0,23 |
| 4 | 14,41 ± 0,13 | 9,67 ± 0,30 |
| 5 | 15,02 ± 0,32 | 9,80 ± 0,20 |
| 6 | 15,13 ± 0,16 | 9,90 ± 0,05 |
| 7 | 15,64 ± 0,35 | 10,00 ± 0,11 |
| 8 | 16,05 ± 0,41 | 10,22 ± 0,12 |
| 9 | 16,35 ± 0,16 | 10,40 ± 0,20 |
| 10 | 16,85 ± 0,22 | 10,70 ± 0,32 |
| 12 | 17,00 ± 0,19 | 10,80 ± 0,29 |
| 14 | 17,72 ± 0,45 | 11,17 ± 0,33 |
| 16 | 18,50 ± 0,36 | 11,95 ± 0,14 |
| 18 | 19,42 ± 0,51 | 13,07 ± 0,05 |
| 20 | 20,78 ± 0,41 | 13,85 ± 0,21 |
| 25 | 21,13 ± 0,32 | 14,90 ± 0,35 |
| 30 | 22,25 ± 0,27 | 14,97 ± 0,15 |
| 35 | 23,70 ± 0,38 | 15,25 ± 0,20 |
| 40 | 24,25 ± 0,40 | 15,40 ± 0,12 |

Tabla 6. Ángulo de deslizamiento de la probeta R0,5_CR06 micromecanizada y tratada por inmersión en cloruro de cerio y micromecanizada y proyectada con teflón para el ensayo de durabilidad

do. Los resultados se acompañan en la tabla 2.

Tras el mecanizado se ha determinado la rugosidad R_a y R_z en tres estados: (i) micromecanizado, (ii) micromecanizado + inmersión de cerio y (iii) micromecanizado + proyección teflón. En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados.

Se ha medido la mojabilidad de las texturas obtenidas por micromecanizado e hidrofobización. Se adjuntan los resultados en la tabla 5.

Se ha medido la durabilidad de los procedimientos de hidrofobización mediante la determinación del grado de hidrofobicidad de la superficie con el ángulo de deslizamiento al agua. Los resultados se muestran en la tabla 6.

Discusión de los resultados

El efecto del micromecanizado ha generado diversos niveles de rugosidad como se muestra en las tabla 3 y 4. Se aprecian valores de rugosidad ligeramente inferiores en la probetas micromecanizadas e hidrofobizadas con cloruro de cerio, para igualdad de radio de herramienta y de altura de perfil, con respecto a las recubiertas con teflón. El nivel de deposición de la capa de cloruro de cerio es superior a la del recubrimiento de teflón y ha conseguido disminuir los valores en la rugosidad R_a y R_z de la superficies.

Los niveles de rugosidad que se obtienen son relativamente elevados y son inferiores con menor radio de punta y altura de cresta más pequeña, como cabría esperar. En todo caso, la influencia del radio de punta de cada una de las herramientas en los niveles de rugosidad ha sido menor que la influencia de la altura de cresta.

Los resultados de R_a que se encuentran en el entorno de los 4-9 μm se han obtenido para altura de cresta de 0,06 mm. Los valores de R_a de 13-16 μm se obtienen para altura de cresta de 0,10 mm y, finalmente, valores de R_a entre 17-22 μm para altura de cresta de 0,14 mm.

El análisis del ángulo de deslizamiento de las probetas micromecanizadas nos indica que en todos los casos se produce una disminución del ángulo de deslizamiento tras el micromecanizado respecto al obtenido para la probeta lisa y sin mecanizar. La probeta de aluminio desnuda sin ningún tipo de tratamiento de mecanizado arroja

valores de ángulo de deslizamiento de 27,5 grados (tabla 2). Algunas estrategias producen una mejora notable de hasta 10 grados sin ninguna aplicación posterior. Esto se muestra en micromecanizado de Ø1 mm y con alturas de cresta de 0,10 y 0,14 mm.

Después de la hidrofobización con cloruro de cerio y teflón los resultados son divergentes. Por un lado, en el caso de la hidrofobización con cloruro de cerio esa mejora se aprecia únicamente en los ensayos con herramienta de Ø 1 mm, pero para el resto de ensayos la mojabilidad empeora con respecto a probetas únicamente micromecanizadas. Los mejores resultados con cloruro de cerio se han obtenido en las probetas R0,5_CR_06, R0,5_CR10 y R0,5_CR_14 con valores de 14,95, 13,44 y 13,96 grados, respectivamente. Por otro lado, los resultados más alentadores obtenidos en las probetas micromecanizadas con teflón corresponden a las probetas que presentan una menor altura de cresta: R0,5_CR06, R0,75_CR06 y R1_CR06 con valores de ángulo de deslizamiento de 9,86, 9,08 y 10,70 grados, respectivamente. Sin embargo, a excepción de dos casos, las estrategias con recubrimiento de teflón producen una disminución del ángulo de deslizamiento de entorno a los 10 grados.

Los ensayos de desgaste en las probetas hidrofobizadas muestran un emperoramiento más acusado en aquellas que fueron tratadas con cloruro de cerio respecto a las que se trataron con teflón.

Después de 40 ciclos de desgaste, las probetas con recubrimiento de teflón presetan valores de hidrofobicidad aún más elevados que las probetas micromecanizadas sin tratamiento alguno. El recubrimiento aplicado muestra una elevada robustez y el procedimiento es consistente.

En el caso de la hidrofobización con cloruro de cerio en el ciclo nº 8, los valores de ángulo de deslizamiento son del mismo orden que aquellos alcanzados en el caso de las probetas simplemente micromecanizadas.

Por último, se puede indicar que las mejoras que se han obtenido en la

hidrofobización de superficies micromecanizadas con un tratamiento posterior de teflón son incluso superiores a las obtenidas en otros trabajos con objetivos similares. En los estudios de Zhu et al.⁷, se realizan micromecanizados con fresas frontales con espaciados entre 100 a 400 µm en aleaciones de aluminio de la serie 3000 y se obtienen ángulos de deslizamiento de 11-12 grados. Igualmente, los resultados son compatibles con los obtenidos por Yanling et al.⁶ en los trabajos sobre la aleación de aluminio 6061.

Conclusiones

Esta investigación muestra que es factible fabricar superficies planas en aleaciones de aluminio y magnesio microtexturizadas e hidrofóbicas mediante de microfresado con herramientas de punta esférica y tratamientos de hidrofobización posteriores. Se han podido verificar los siguientes extremos:

- Solo el microfresado sin ningún tratamiento posterior produce una menor mojabilidad con respecto a la superficie sin mecanizar, desnuda en estado de recepción, con una mejora en torno de 10 grados para las herramientas de Ø 1 y 1,5 mm. Para herramientas de Ø 2 mm no se aprecia disminución alguna.
- Las superficies microfresadas con herramientas de Ø 1 mm e hidrofobizadas con cloruro de cerio son las únicas de este protocolo que muestran valores de ángulo de deslizamiento inferiores con respecto a la muestra únicamente micromecanizada. Esta mejora está en 3-4 grados.
- Las superficies micromecanizadas con herramientas de Ø 1, 1,5 y 2 mm e hidrofobizadas con teflón producen valores de ángulo de deslizamiento menores y en todos los ensayos, lo que permite obtener valores de 2-14 grados por debajo de los obtenidos en el caso de la superficie solamente mecanizada.
- El procedimiento de hidrofobización con teflón ha sido más efectivo y consistente que el realizado con cloruro de cerio.
- Las superficies obtenidas tras el micromecanizado y posterior tra-

tamiento con teflón o cloruro de cerio, sometidas a un ensayo normalizado de desgaste, presentan un aumento en el valor del ángulo de deslizamiento de solo 6 grados tras efectuar 40 ciclos para el teflón. En el caso del micromecanizado y posterior tratamiento con cloruro, este aumento alcanza los 11 grados tras aplicar el mismo número de ciclos de desgaste.

Referencias

1. Y. Y. Yan, N. Gao, and W. Barthlott. Mimicking natural superhydrophobic surfaces and grasping the wetting process: A review on recent progress in preparing superhydrophobic surfaces, *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 169, no. 2, pp. 80-105, 2011.
2. S. K. Sethi and G. Manik. Recent Progress in Super Hydrophobic/Hydrophilic Self-Cleaning Surfaces for Various Industrial Applications: A Review. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, vol. 0, no. 0, pp. 1-21, 2018.
3. J. Zhu and X. F. Hu. A novel and facile fabrication of superhydrophobic surfaces on copper substrate via machined operation. *Materials Letters*, vol. 190, pp. 115-118, 2017.
4. T. Pratap and K. Patra. Mechanical micro-texturing of Ti-6Al-4V surfaces for improved wettability and bio-tribological performances. *Surface and Coatings Technology*, vol. 349, pp. 71-81, Sep. 2018.
5. M. Rights. Hydrophobicity of pyramid structures fabricated by micro milling. In: 2017 World Congress on Micro and Nano Manufacturing, 2017-03-27 - This version is available at <https://strathprints.strath.ac.uk/60698/>, Studies in Computational Intelligence, vol. 7, no. 3, pp. 2-6, 2017.
6. W. Yanling, Y. Jian, and Y. Huadong. Superhydrophobic surface prepared by micro-milling and WEDM on aluminum alloy. *Materials Research Express*, vol. 5, no. 6, 2018.
7. J. Zhu and X. Hu. A new route for fabrication of the corrosion-resistant superhydrophobic surface by milling process. *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 16, no. 1, pp. 249-255, 2019.
8. Z. Shi and X. Zhang. Contact angle hysteresis analysis on superhydrophobic surface based on the design of channel and pillar models. *Materials and Design*, vol. 131, no. March, pp. 323-333, 2017.
9. J. Liang, Y. Hu, Y. Fan, and H. Chen. Formation of superhydrophobic cerium oxide surfaces on aluminum substrate and its corrosion resistance properties. *Surface and Interface Analysis*, vol. 45, no. 8, pp. 1211-1216, 2013.
10. F. J. M. Ruiz-Cabello, J. C. Rodríguez-Criado, M. Cabrerizo-Vilchez, M. A. Rodríguez-Valverde, and G. Guerrero-Vacas. Towards super-nonstick aluminized steel surfaces. *Progress in Organic Coatings*, vol. 109, no. May, pp. 135-143, 2017.
11. ASTM. D 3359. Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test. *Astm*, vol. 02, no. December 2007. pp. 1-7, 2013.

Análisis dinámico de los momentos articulares en la marcha humana en adultos y adultos mayores usando el análisis de componentes principales (PCA)

Dynamic analysis of joint moments in human gait in adults and the elderly using principal component analysis (PCA)

Javier Bermejo García¹, Daniel Rodríguez Jorge¹, Ashwin Jayakumar¹, Francisco Romero Sánchez¹, Francisco Javier Alonso Sánchez¹

Resumen

Ciertos estudios analizan las variaciones en el patrón de la marcha entre adultos y adultos mayores. Entre las variaciones más significativas destaca el deterioro del sistema musculoesquelético, lo que provoca cambios en dicho patrón que dan lugar a un aumento del riesgo en caídas y un deterioro en la capacidad de realizar actividades de la vida diaria (AVD).

El análisis dinámico de la marcha humana permite recoger y calcular diferentes tipos de datos cinemáticos, cinéticos y electromiográficos. Debido a este gran volumen de datos, es necesario aplicar un método para reducir las dimensiones de estos y, así, simplificar las del sistema. De esta forma, se llega a un conjunto de soluciones que permiten dar una interpretación de los datos más sencilla.

Entre los diferentes métodos de reducción de dimensiones, en este artículo se propone aplicar el método de componentes principales (PCA) en los momentos articulares para realizar un análisis comparativo de la marcha entre adultos y adultos mayores. El PCA es una técnica de descomposición de datos que reduce la dimensionalidad de estos de tal manera que se pierda la menor cantidad de información posible. Por tanto, al aplicar el PCA a la descomposición del par articular en los 3 ejes coordenados en las distintas articulaciones del tren inferior, se puede estudiar la influencia de cada componente sobre la marcha para cada grupo poblacional. En consecuencia, se puede estudiar la viabilidad de diseño de terapias comunes a estos grupos o bien el diseño de ayudas técnicas y dispositivos de asistencia a la marcha de propósito general.

Palabras clave

Análisis de componentes principales, control motor, sinergias dinámicas, marcha, envejecimiento

Recibido / received: 03/06/2021. Aceptado / accepted: 20/10/2021.

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales, Universidad de Extremadura
Autor para correspondencia: Javier Bermejo García. E-mail: javierbg@unex.es

Abstract

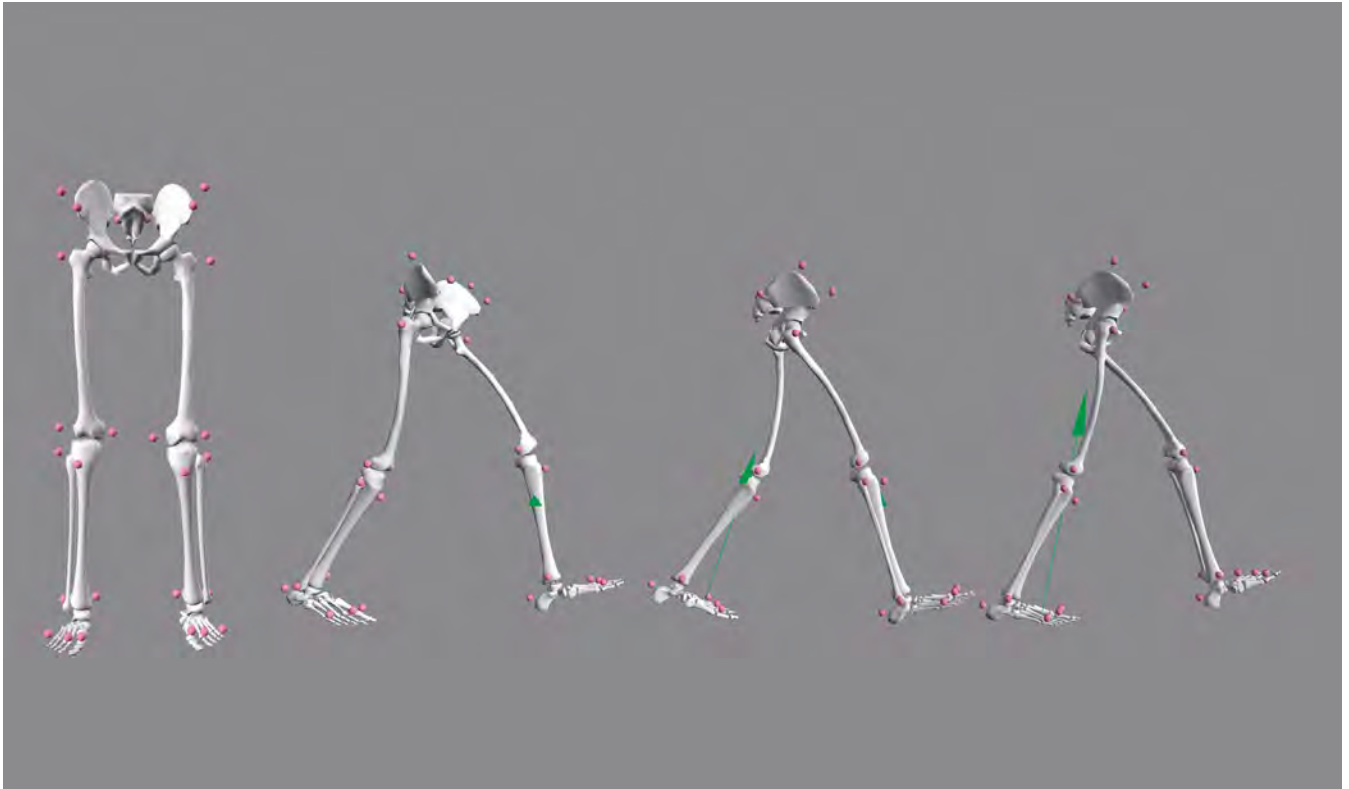
Certain studies analyze the variations in the gait pattern between adults and the elderly. Among the most significant variations, the deterioration of the musculoskeletal system stands out. And it causes changes in that pattern that cause an increased risk of falls and a deterioration in the ability to perform activities of daily living (ADL).

The dynamic analysis of human gait allows the collection and calculation of different types of kinematic, kinetic and electromyographic data. Due to this large volume of data, it is necessary to apply a method to reduce their dimensions and, thus, simplify those of the system. Therefore, a set of solutions that allow a simpler interpretation of the data is reached.

Among the different methods of dimension reduction, in this article it is proposed to apply the method of principal components (PCA) in the joint moments to carry out a comparative analysis of the gait between adults and the elderly. PCA is a data decomposition technique that reduces the dimensionality of data in such a way that as little information as possible is lost. Therefore, by applying the PCA to the decomposition of the joint pair in the three coordinate axes in the different joints of the lower body, the influence of each component on gait can be studied for each population group. Consequently, the feasibility of designing therapies common to these groups or the design of technical aids and general purpose gait assist devices can be studied.

Keywords

Principal component analysis, motor control, dynamic synergy, gait, ageing



Introducción

A medida que aumenta la edad de las personas adultas, la capacidad de estos sujetos para desarrollar diferentes acciones entre ellas disminuye, por ejemplo caminar, subir escaleras y realizar las actividades de la vida diaria (AVD) [1]. Para solventarlo, se han desarrollado diferentes tipos de dispositivos de asistencia a la marcha o exoesqueletos, como ReWalk [2] y REX [3]. Su objetivo es proporcionar una asistencia para restaurar la movilidad en diferentes tareas o actividades. Sin embargo, la principal desventaja de estos dispositivos para su uso es que son muy voluminosos, pesados y tienen un elevado precio [4]. Además, los elementos rígidos por los que están compuestos restringen los movimientos naturales del sujeto o no aplican los momentos adecuadamente debido a la desalineación de los actuadores con la articulación del sujeto [5].

Con el fin de solventar los problemas del exceso de peso y gran volumen de los exoesqueletos y, así, mejorar en el confort del usuario, recientemente, ha ido surgiendo el concepto de exoesqueleto vestible o *exosuit*. Consiste en un dispositivo robótico que realiza la transmisión de fuerzas a través de ca-

bles o elementos textiles que pueden ponerse como si fuera una prenda de vestir sin necesidad de estructuras rígidas que limiten el movimiento o que genere malestar al usuario [6]. Así pues, a la hora de realizar el diseño del *exosuit*, uno de los objetivos es el de utilizar el mínimo número de actuadores, a la vez que se incide en varias articulaciones al mismo tiempo para que, de esa forma, se disminuya el peso del dispositivo y se mejore la comodidad y la portabilidad del usuario [6], en lugar de contar con un actuador por articulación. Sin embargo, a la hora de diseñar un *exosuit* para la asistencia de la marcha para personas mayores, se deben tener en cuenta las alteraciones cinemáticas y cinéticas que presenta esta población como la reducción del momento articular de flexión de cadera y un aumento en el de momento de extensión de la misma articulación [7], que puede originar que la actuación del motor no se realice de manera que asista correctamente al movimiento.

Con el fin de establecer una estrategia de actuación reducida que permita reducir el número de actuadores, se propone una estrategia basada en las sinergias dinámicas. Estas sinergias se

identifican como patrones invariantes en los momentos articulares comunes en todos los humanos [8]. Para el cálculo de las sinergias dinámicas, se ha utilizado el análisis de componentes principales (PCA). El PCA es una técnica de análisis estadístico multidimensional que reduce las dimensiones (variables) para obtener un menor número de variables. Es decir, el objetivo del PCA es identificar un número reducido de variables que representen los datos originales perdiendo la mínima información posible [9-12]. La razón por la que se ha decidido estudiar las sinergias en función de los momentos articulares es que los parámetros cinéticos tienen una mayor previsibilidad a través de las velocidades de la marcha en comparación con los parámetros cinemáticos [13-15].

Por tanto, el objetivo de este trabajo es reducir el número de variables dinámicas en los momentos articulares e identificar aquellas más importantes (sinergias dinámicas) y, además, comprobar si existe alguna diferencia entre los componentes principales (PC) de adultos y adultos mayores a distintas velocidades de la marcha y, una vez identificadas las PC, poder estudiar la influencia de cada componente sobre la marcha

tanto en adultos como en adultos mayores para analizar el diseño de ayudas técnicas y dispositivos de asistencia de la marcha de propósito general.

Material y método

Participantes

Los datos usados para este estudio proceden de una base de datos pública [16]. En este artículo, los autores declaran que los participantes del estudio han leído y firmado un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Universidad Federal de ABC antes del experimento y que carecen de problemas físicos que les impidan caminar con normalidad (más información en Fukuchi et al, 2017 y Fukuchi et al, 2018 [16, 17]). De esta base de datos, se han elegido 10 adultos y 10 adultos mayores (Tabla 1).

Los datos obtenidos de esta base de datos fueron adquiridos mediante un sistema de captura de movimiento provisto de 12 cámaras (Raptor-4; Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, EE UU) con una frecuencia de muestreo de 150 Hz, y un tapiz rodante instrumentado (FIT; Bertec, Columbus, OH, EE UU) con una frecuencia de muestreo de los datos cinéticos de 300 Hz. Para más detalle consultar Fukuchi et al, 2018 [16].

El protocolo de colocación de marcadores se realizó siguiendo un modelo de 26 marcadores anatómicos del tren inferior [18]. Para el análisis de la marcha, los sujetos hicieron una sesión de calentamiento caminando durante 5 minutos en el tapiz rodante para determinar la velocidad de la marcha confortable. Después de ello, se determinaron las diferentes condiciones de velocidad de la marcha, que fueron del 55%, el 100% y el 130% de la velocidad de marcha confortable determinada. Así, se han obtenido tres velocidades de marcha: lenta (L), confortable (C) y rápida (R). Los resultados obtenidos de los momentos articulares, y después de ser procesados [17], fueron normalizados al ciclo de la marcha en 101 datos.

Análisis de componentes principales

Para realizar el PCA se ha utilizado el algoritmo de descomposición en valores singulares (SVD). El SVD es un método para transformar variables correlacionadas en un conjunto de va-

| Grupo | Número de participantes (hombres/mujeres) | Media de edad | Media de altura (cm) | Media de peso (kg) |
|-----------------|--|---------------|-------------------------|-----------------------|
| Adultos | 10 (6/4) | 27,3 (4,57) | 171,9 (8,53) | 68,35 (9,5) |
| Adultos mayores | 10 (4/6) | 59,6 (4,27) | 161,65 (9,24) | 66,36 (10,64) |

Tabla 1. Número sujetos analizados, media y desviación típica de la edad, altura y peso de los diez participantes de cada grupo.

riables no correlacionadas que exponen mejor las diversas relaciones entre los elementos de datos originales y, al mismo tiempo, permite identificar y ordenar las dimensiones a lo largo de los cuales los puntos de los datos exhiben la mayor variación [19].

Para obtener una matriz de datos dinámicos reducida, se han utilizado los datos de los momentos de cada una de las articulaciones del miembro inferior. Dichos datos proceden de la base de datos pública anteriormente descrita. Para realizar la reducción de dimensiones, se ha creado una matriz $M_{101 \times 18}$. Contiene 18 columnas, cada una perteneciente a los componentes de los momentos articulares de articulación de la cadera, rodilla y tobillo, de los miembros inferior derecho e izquierdo. A continuación, se realizó el análisis de descomposición en valores singulares (SVD). Se aplica el SVD a la matriz de momentos articulares:

$$M = U \Sigma S \quad (1)$$

Donde U es una matriz de columnas ortonormales en la que $U^T U = I$, S es una matriz de filas ortonormales en la que $S S^T = I$, Σ es una matriz diagonal que contiene los valores singulares ordenados de mayor a menor ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_{18} \geq 0$). Por tanto, la matriz M puede ser aproximada a otra matriz \tilde{M} reducida en dimensiones, reemplazando la matriz Σ por Σ_m que contiene los mayores m valores singulares $\lambda_1 \dots \lambda_m$. En consecuencia, la aproximación quedará:

$$\tilde{M} = U_m \text{diag}\{\lambda_1 \dots \lambda_m\} S_m \quad (2)$$

Donde U_m contiene las m primeras columnas de la matriz U y S_m contiene las m primeras filas de la matriz S . En esta reducción, S_m se conoce como las PC y el producto de $U_m \text{diag}\{\lambda_1 \dots \lambda_m\}$ es la matriz de pesos (Z).

$$M \approx \tilde{M} = Z S_m \quad (3)$$

Elección del número de dimensiones

Para calcular el número de PC (m) se ha tenido en cuenta la varianza acumulada (VAF). Este índice indica la fracción del total de la varianza de las PC acumulada. En este trabajo, se ha tenido en cuenta que el número de variables elegido será cuando la varianza acumulada supere el 90%. Este valor ha sido determinado en trabajos anteriores [20]. Para el cálculo del VAF se usó la siguiente expresión:

$$\% VAF = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i^2}{\sum_{i=1}^{18} \lambda_i^2} \cdot 100 \quad (4)$$

A partir de la aplicación del SVD en el criterio del VAF, se ha obtenido una reducción en el número de variables que permitirán hacer una reconstrucción del movimiento de manera que se pierda la menor cantidad de información posible. Estas PC que explican un mayor porcentaje del VAF (%VAF) representan los datos con mayor variación, mientras que las PC con menor VAF son consideradas ruidos del sistema [20].

En la figura 1, se muestran los valores de VAF calculados tanto para los datos de los sujetos adultos como el de los adultos mayores. Como se puede comprobar, las dos primeras PC explican más del 90% de la varianza tanto a velocidad de la marcha lenta como a velocidad confortable, mientras que, para velocidades de marchas rápidas son necesarias tres PC para poder sobrepasar el criterio establecido.

Resultados

Para estudiar las diferencias entre los sujetos adultos con los sujetos adultos mayores a diferentes velocidades de marcha, se ha realizado un estudio estadístico en el que se comparan los dos grupos. Para ello, se han promediado los valores tanto de los pesos de cada grupo, como de cada una de las PC elegidas. Para comparar los pesos de cada grupo se ha realizado la prueba t no emparejada ($\alpha = 0,05$). Para comparar las PC de cada grupo de su-

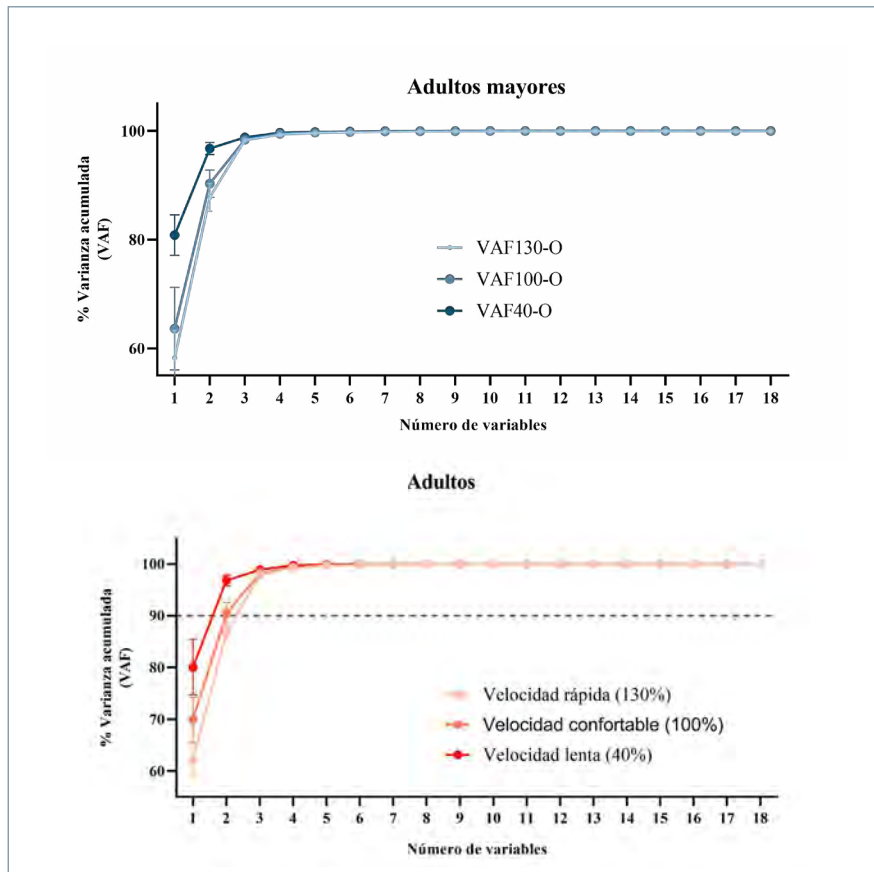


Figura 1. Media del porcentaje de la varianza acumulada explicada por cada uno de los sujetos para la varianza acumulada para las velocidades de marcha lenta, confortable y rápida. Cada punto representa la media de los 10 sujetos y la línea vertical representa la desviación típica.

jetos, primero se ha realizado un test de normalidad (test de Shapiro-Wilk) para comprobar si los datos se ajustan a la curva de normalidad y elegir el test estadístico correcto. Para comparar las PC entre el grupo de adultos y el de adultos mayores, se ha realizado la prueba de Mann-Whitney, ya que los datos de las PC no siguen una distribución normal en función de los resultados obtenidos en el test de normalidad.

Análisis de matriz de pesos (S_m)

Para hacer la comparación entre los pesos de las distintas velocidades de marcha se han promediado los valores de los 10 sujetos de cada grupo. En la figura 2, se muestran los resultados de los mismos. Como se muestra en el gráfico, las variables que tienen mayor peso son los momentos en el tobillo y en la cadera para adultos mayores, al igual que para los adultos, tanto a velocidad

lenta como a velocidad confortable en ambos grupos. Se puede apreciar que, a medida que se aumenta la velocidad de la marcha, los valores de peso del tobillo pierden importancia y se hacen mayores los pesos en la variable de los momentos en las rodillas, y estos son necesarios para poder aceptar el criterio del 90% VAF. Esto puede deberse a que aumenta la velocidad de marcha.

Otra diferencia destacable que se puede apreciar en los gráficos es con respecto a los pesos en las variables de los momentos en la cadera entre ambos grupos. Como se puede apreciar (Fig. 2), los valores de estos son mayores en adultos mayores que en adultos en la segunda PC. Se debe a que el rango de movimiento es menor en adultos mayores con respecto a los rangos de movimiento de adultos [21]. Por tanto, a medida que aumenta la velocidad de marcha, los valores de los pesos dejan de ser tan importantes en adultos y se acumula la mayor importancia en los pesos de la primera PC.

Para comprobar si estas diferencias son significativas se ha aplicado la prueba *t* no emparejada ($\alpha = 0,05$). En la tabla 2, se muestran los valores *p* de cada una de las pruebas.

Análisis de las componentes principales (S_m)

Para hacer la comparación de las diferentes PC se han promediado los valores de todos los ancianos y adultos. Sobre estos valores se ha aplicado el test de normalidad de Shapiro-Wilk, cuyos resultados se pueden ver en las tablas 3 y 4.

En función de los resultados anteriores, se ha aplicado la prueba de Mann-Whitney para comparar las curvas de las PC entre los adultos y los adultos mayores (tabla 5). Al hacer la

| Z ₁ lenta | Z ₂ lenta | Z ₁ Confortable | Z ₂ Confortable | Z ₁ rápida | Z ₂ rápida | Z ₃ rápida |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,8938 | 0,6549 | 0,9346 | 0,9176 | 0,0310* | 0,0100* | 0,8527 |

Tabla 2. Valores de *p* para la comparación de grupos entre los pesos de adultos y adultos mayores (**p* < 0,05.)

| Adultos | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|
| PC1 lenta | PC2 lenta | PC1 confortable | PC2 confortable | PC1 rápida | PC2 rápida | PC3 rápida |
| <0,0001 | 0,0024 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0063 | <0,0001 |

Tabla 3. Resultados del test de Shapiro-Wilk para los datos de adultos mayores.

comparación entre ambos grupos, se ha demostrado que no hay diferencias significativas entre ambos grupos, lo que indica que cada una de las PC se mantiene robusta a los cambios de la velocidad.

Discusión

En esta investigación se han analizado los momentos de las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo, teniendo en total 18 variables. Mediante el SVD se ha reducido el número de dimen-

siones para simplificar el problema y analizar las componentes principales que expliquen, como mínimo, el 90% del VAF. Bajo este criterio, solamente dos PC son necesarias para explicar el movimiento completo de la marcha.

| Adultos | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|
| PC1 lenta | PC2 lenta | PC1 confortable | PC2 confortable | PC1 rápida | PC2 rápida | PC3 rápida |
| <0,0001 | 0,0091 | <0,0001 | 0,0173 | <0,0001 | 0,0125 | 0,0008 |

Tabla 4. Resultados del test de Shapiro-Wilk para los datos de adultos.

| PC1 lenta | PC2 lenta | PC1 confortable | PC2 confortable | PC1 rápida | PC2 rápida | PC3 rápida |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|
| 0,8247 | 0,7653 | 0,5782 | 0,0645 | 0,3578 | 0,1953 | 0,7819 |

Tabla 5. Resultados del test de Mann-Whitney para la comparación de los datos de adultos y adultos mayores.

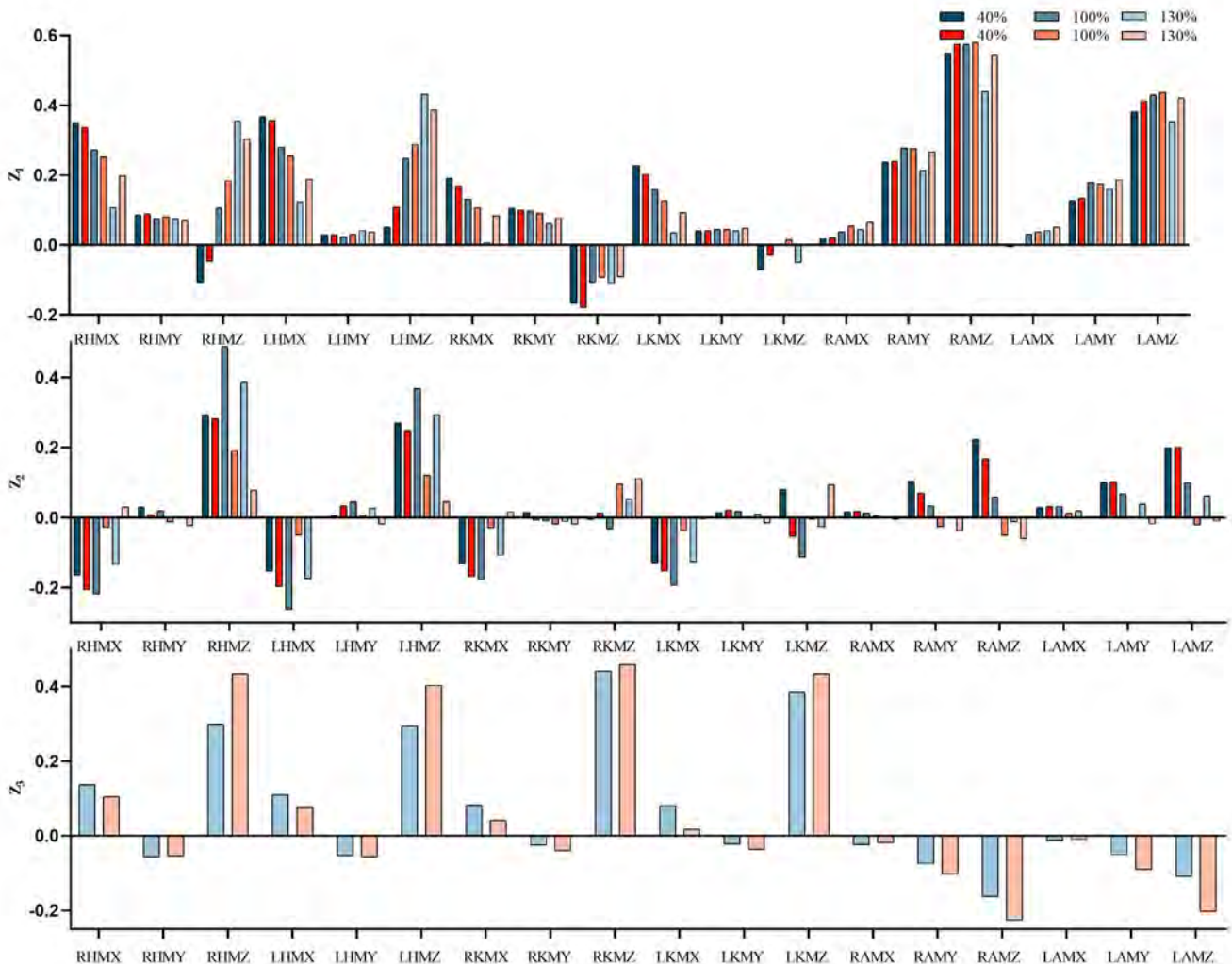


Figura 2. Media de los pesos de adultos mayores (tonos azules) y adultos (tonos rojos) a diferentes velocidades de la marcha (40%, 100% y 130% de la referencia). Las abreviaturas de la figura representan los momentos articulares (MX, MY, MZ) de las articulaciones de cadera (H), rodilla (K) y de tobillo (A). Las letras R y L representan los miembros inferiores derecho e izquierdo, respectivamente.

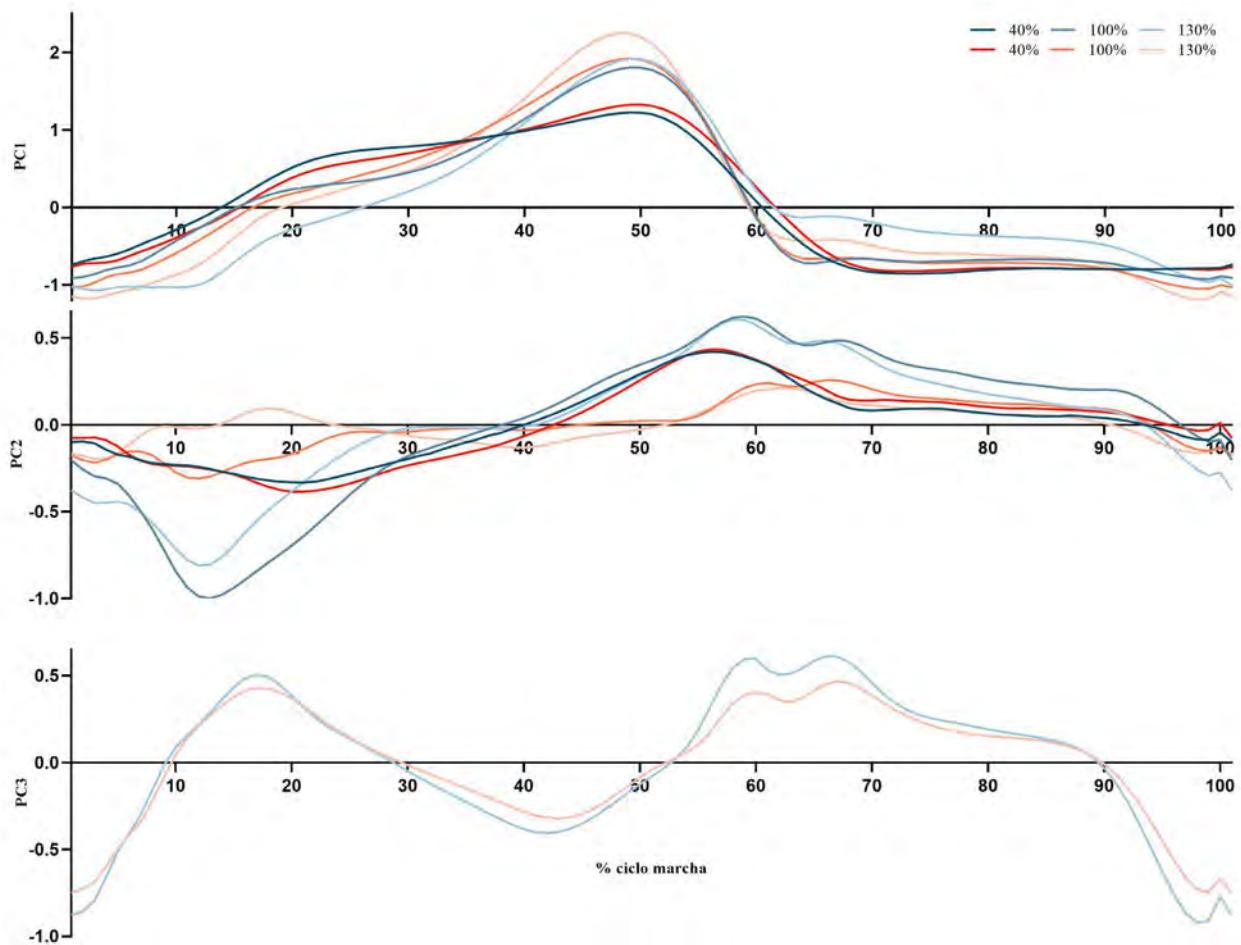


Figura 3. Media de las PC de adultos mayores (tonos azules) y adultos (tonos rojos) durante las tres velocidades de la marcha (40%, 100% y 130% de la referencia). Las abreviaturas de la figura representan los momentos articulares (MX, MY, MZ) de las articulaciones de cadera (H), rodilla (K) y de tobillo (A). Las letras R y L representan a los miembros inferiores derecho e izquierdo, respectivamente.

Por tanto, se ha podido reducir notablemente el número de variables a tener en cuenta, lo que permitirá actuar de manera menos subjetiva a la hora de elegir la forma de actuación en el diseño un *exosuit* que permita la asistencia de la marcha para adultos mayores que sean incapaces de alcanzar los niveles de momento necesarios para realizar una marcha normal.

Shemmell *et al.* [13] concluyen que no hay ningún efecto de la velocidad de marcha en la forma de las PC durante la fase del *swing* de la marcha, lo que supone que las magnitudes de los momentos en las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo durante esta fase se escalan linealmente a medida que aumenta la velocidad de la marcha. En consecuencia, es importante tener en cuenta las fases previas al *swing*. Nuestros resultados sugieren

que los momentos articulares en el tobillo (Z_1) y en la cadera (Z_2) son aquellos que acumulan mayor importancia, por lo que una asistencia en las fases previas a la marcha, por ejemplo, durante la flexión plantar, podría asistir el movimiento para que se realice de manera cómoda y eficiente.

Estos resultados obtenidos se pueden relacionar con otros estudios que obtuvieron resultados similares como es el caso del estudio realizado por Chen *et al.* [22]. Demostraron que cualquier alteración en la estrategia de actuación de la cadera o el tobillo puede modificar la iniciación de la fase del *swing* debido, sobre todo, a una inadecuada propulsión del miembro inferior, por lo que es un criterio fundamental para tener en cuenta en el diseño. En relación con otros trabajos, se ha demostrado que la aplicación

de fuerza asistida en las articulaciones de la cadera [23, 24] o del tobillo [25, 26] mejoran el rendimiento de los individuos con alguna alteración en la marcha.

En un estudio más reciente realizado por Iyer *et al.* [27] remarcan que la actuación en una sola articulación puede dar lugar a asimetrías o alteraciones de la marcha, por lo que actuar sobre una sola articulación podría ser contraproducente a la hora de asistir la marcha. En este mismo artículo, la actuación sobre alguna de las articulaciones de cadera y tobillo redujo el ángulo de la rodilla durante la fase de *swing*, lo que concuerda con nuestros resultados de solamente mediante la actuación conjunta de cadera y tobillo. Resultados similares a los presentados obtuvieron Quinlivan *et al.* [28], quienes midieron el coste metabólico

a través de la actuación conjunta de la flexión plantar del tobillo y la flexión de cadera.

Por tanto, el PCA es una técnica sencilla y fácil de implementar que permite identificar aquellas variables que acumulan mayor importancia. Es un buen método para determinar las variables sobre las que actuar a la hora de hacer el diseño de un *exosuit*.

Conclusión

En este trabajo se ha investigado si existe alguna diferencia entre las diferentes PC de los datos de momentos de cada una de las articulaciones entre adultos mayores y adultos a distintas velocidades de marcha. A partir de los resultados, se concluye que la marcha humana puede definirse con dos PC, para velocidades de marcha lenta y confortable, pero, para explicar al menos el 90% de la varianza, son necesarias tres PC en velocidades de marcha más rápidas. Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en otros estudios anteriores [27, 29]. Cabe destacar que, a pesar de necesitar más PC para explicar la varianza, no hay diferencias estadísticas entre las de adultos mayores y adultos. Sin embargo, si hay diferencias entre los pesos (Z_m), en los que la evidencia más importante ocurre en los pesos de la variable que corresponden con los momentos de la cadera. Por ello, a la hora de diseñar un exoesqueleto se debe tener en cuenta sobre qué articulaciones van a actuar. Mediante el estudio de las sinergias dinámicas se pueden establecer aquellas variables más relevantes y, así, poder elegir de manera más objetiva qué articulación o articulaciones actúan, así como establecer un diseño de los componentes que conforme dicho dispositivo.

Referencias

- [1] Ko, S., Stenholm, S., Ferrucci, L. "Characteristic gait patterns in older adults with obesity—Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging". *Journal of Biomechanics, Elsevier BV* **43**, 1104-1110 (2010).
- [2] Esquenazi, A., Talaty, M., Packel, A., Saulino, M. "The ReWalk Powered Exoskeleton to Restore Ambulatory Function to Individuals with Thoracic-Level Motor-Complete Spinal Cord Injury". *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health)* **91**, 911-921 (2012).
- [3] Bionics, Rex. "Rex bionics". Página Web (www.rexbionics.com), Visitado: Mayo (2020).
- [4] Mertz, L. "The Next Generation of Exoskeletons: Lighter, Cheaper Devices Are in the Works". *IEEE Pulse, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* **3**, 56-61 (2012).
- [5] Schiele, A. "Ergonomics of exoskeletons: Objective performance metrics". *World Haptics 2009 - Third Joint EuroHaptics conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, IEEE*, 103-108 (2009).
- [6] Asbeck, A. T., Dyer, R. J., Larusson, A. F., Walsh, C. J. "Biologically-inspired soft exosuit". *2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), IEEE*, 1-8 (2013).
- [7] Silder, A., Heiderscheit, B., Thelen, D. G. "Active and passive contributions to joint kinetics during walking in older adults". *Journal of Biomechanics* **41**, 1520-1527 (2008).
- [8] Profeta, V. L., Turvey, M. T. "Bernstein's levels of movement construction: A contemporary perspective". *Human movement science*, **57**, 111-133, (2018).
- [9] Jolliffe, I. T., Cadima, J. "Principal component analysis: a review and recent developments". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **374**, (2016).
- [10] Wang, X. "The Dimensionality and Control of Human Walking". Tesis doctoral, University of Sydney, Australia (2012).
- [11] Boehmke, B., Greenwell, B. M. *Hands-on machine learning with R*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019.
- [12] Daffertshofer, A., Lamoth, C. J., Meijer, O. G., Beek, P. J. "PCA in studying coordination and variability: a tutorial". *Clinical Biomechanics. Elsevier BV* **19**, 415-428 (2004).
- [13] Shemmell, J., Johansson, J., Portra, V., Gottlieb, G. L., Thomas, J. S., Corcos, D. M. "Control of interjoint coordination during the swing phase of normal gait at different speeds". *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* **4**, (2007).
- [14] Kao, P. C., Lewis, C. L., Ferris, D. P. "Invariant ankle moment patterns when walking with and without a robotic ankle exoskeleton". *Journal of Biomechanics* **43**, 203-209 (2010).
- [15] Prilutsky, B. I., Sirota, M. G., Gregor, R. J., Beloozerova, N. "Quantification of Motor Cortex Activity and Full-Body Biomechanics During Unconstrained Locomotion". *Journal of Neurophysiology* **94**, 2959-2969 (2005).
- [16] Fukuchi, C. A., Fukuchi, R. K., Duarte, M. "A public dataset of overground and treadmill walking kinematics and kinetics in healthy individuals". *PeerJ* **6**, (2018).
- [17] Fukuchi, R. K., Fukuchi, C. A., Duarte, M. "A public dataset of running biomechanics and the effects of running speed on lower extremity kinematics and kinetics". *PeerJ* **5**, (2017).
- [18] Leardini, A., Sawacha, Z., Paolini, G., Ingrosso, S., Natio, R., Benedetti, M. G. "A new anatomically based protocol for gait analysis in children". *Gait & Posture* **26**, 560-571 (2007).
- [19] Leskovec, J., Rajaraman, A., Ullman, J. D. *Mining of massive data sets*. Cambridge university press (2020).
- [20] Deluzio, K. J., Astephen, J. L. "Biomechanical features of gait waveform data associated with knee osteoarthritis". *Gait & Posture* **25**, 86-93 (2007).
- [21] McGibbon, C. A. "Toward a better understanding of gait changes with age and disablement: Neuromuscular adaptation". *Exercise and Sport Sciences Reviews* **31**, 102-108 (2003).
- [22] Chen, G., Patten, C., Kothari, D. H., Zajac, F. E. "Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds". *Gait & Posture* **22**, 51-56 (2005).
- [23] Lewis C. L., Ferris, D. P. "Walking with increased ankle pushoff decreases hip muscle moments". *Journal of Biomechanics* **41**, 2082-2089 (2008).
- [24] Zhang, J., Fiers, P., Witte, K. A., Jackson, R. W., Poggensee, K. L., Atkeson, C. G., Collins, S. H. "Human-in-the-loop optimization of exoskeleton assistance during walking". *Science* **356**, 1280-1284 (2017).
- [25] Bae et al. "A Lightweight and Efficient Portable Soft Exosuit for Paretic Ankle Assistance in Walking After Stroke". *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, (2018).
- [26] Ding, Y., Kim, M., Kuindersma, S., Walsh, C. J. "Human-in-the-loop optimization of hip assistance with a soft exosuit during walking". *Science Robotics* **3**, (2018).
- [27] Iyer, S. S., Joseph, J. V. Vashista, V "Evolving Toward Subject-Specific Gait Rehabilitation Through Single-Joint Resistive Force Interventions". *Frontiers in Neurobotics* **14**, (2020).
- [28] Quinlivan, B. T., Sangjun, L., Malcolm, P., Rossi, D. M., Grimmer, M., Sivi, C., et al. "Assistance magnitude versus metabolic cost reductions for a tethered multiarticular soft exosuit". *Science Robotics* **2**, (2017).
- [29] Funato, T., Aoi, S., Oshima, H., Tsuchiya, K. "Variant and invariant patterns embedded in human locomotion through whole body kinematic coordination". *Experimental Brain Research* **205**, 497-511 (2010).



ACREDITACIÓN DPC INGENIEROS

JUNIOR SENIOR ADVANCED EXPERTISE

Tu experiencia y formación tienen un valor

Tu experiencia y formación

tienen un valor

El Sistema de Acreditación DPC de Ingenieros, realizado y gestionado por el COGITI, implanta un procedimiento de acreditación del desarrollo profesional continuo (DPC) bajo 4 niveles, que documentalmente valida y acredita la competencia profesional, compuesta por formación y experiencia adquirida a lo largo de la vida profesional del Ingeniero en el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

La acreditación como ingeniero, en cualquiera de los niveles, aporta a los profesionales beneficios

intangibles, prestigio profesional, y beneficios tangibles, acceso a la bolsa de empleo de ingenieros acreditados, descuentos en formación, seguro profesional, etc.

La acreditación DPC de ingenieros es un título profesional, respaldado por la marca COGITI que transmite confianza y credibilidad a consumidores y empresas, y que aporta a aquél que lo ostente, prestigio, visibilidad profesional y el derecho a disfrutar de servicios exclusivos.

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO JUNIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO SENIOR

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO ADVANCED

COGITI
ACREDITACIÓN DPC
INGENIERO EXPERTISE

Beneficios de la acreditación



Prestigio profesional

Sello de garantía avalado por el COGITI como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial Española que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.



Empleo

Da acceso a la "Bolsa de empleo de Ingenieros Acreditados" cuya función será la promoción de los perfiles de los ingenieros acreditados. Acceso a grupos de redes sociales profesionales del COGITI.



Certificado curricular

Certificación y validación de la veracidad del curriculum vitae del colegiado acreditado en cualquiera de los niveles.



Descuentos en formación

Descuentos en las actividades formativas de la Plataforma on-line de formación del COGITI, existiendo además la posibilidad de descuentos adicionales en las acciones formativas impartidas por los Colegios.



Visibilidad profesional

Diploma acreditativo del nivel DPC, tarjeta acreditativa, incorporación en el Registro Profesional de Ingenieros Acreditados (RPIA), identificación pública de los ingenieros inscritos acreditados.



Movilidad UE

Válido en procesos de reconocimiento de cualificaciones para ingenieros que deseen desplazarse a trabajar a países UE. Asesoramiento directo del COGITI en la preparación de los dosieres de reconocimiento de cualificaciones profesionales.



Condiciones especiales SRC

La Acreditación modulará las prestaciones y coberturas del seguro de Responsabilidad Civil, accediendo a condiciones específicas.



Acceso a Grado

El Sistema de Acreditación de ingenieros como instrumento para el reconocimiento de la experiencia profesional, y otros méritos por parte de las Universidades.

Empresas colaboradoras.

ARAMBARRI & GONZÁLEZ
EXECUTIVE SEARCH

MARSH

Michael Page
INTERNATIONAL

HAYS Recruiting experts
worldwide

NB: NORMAN
BROADBENT

Wolters Kluwer
España

marketyou
BETA

MAPFRE

cátenon®
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher
Solar

ADARTIA

Análisis del curado dual en resinas epoxi mediante un molde instrumentado

Analysis of dual curing in epoxy resins using an instrumented mold

Albert Fabregat-Sanjuan¹, Xavier Fernández-Francos², Francesc Ferrando-Piera¹

Resumen

En las tecnologías de procesamiento utilizadas en la fabricación de materiales compuestos termoestables es clave controlar la velocidad de reacción y la exotermicidad del proceso para minimizar la aparición de tensiones internas que acaban originando la aparición de defectos mecánicos y dimensionales, especialmente cuando tienen un cierto grosor. Para mejorar este comportamiento se ha propuesto el uso de sistemas de curado dual secuenciales con control cinético-térmico. De este modo, se pretende limitar el avance de la reacción hasta un estadio intermedio uniforme y estable a partir del cual el curado pueda tener lugar de manera más controlable, minimizando gradientes de conversión y térmicos durante la etapa de entrecruzamiento y, por tanto, reduciendo la formación de tensiones internas y posibles defectos. En este trabajo se muestran los resultados de la validación experimental de este concepto. Los resultados experimentales obtenidos han validado la simulación de la reacción química y su exotermicidad. También han permitido analizar el efecto en el proceso de curado que tienen las fibras de refuerzo utilizadas habitualmente con las resinas analizadas.

Palabras clave

Materiales compuestos, cinética, curado dual, propiedades térmicas, termoestables

Abstract

In the processing technologies used in the manufacture of thermosetting composite materials, it is key to control the reaction rate and the exothermicity to minimize the appearance of internal stresses that end up causing mechanical and dimensional defects, especially when they have a certain thickness. To improve this behaviour, the use of sequential dual curing systems with kinetic-thermal control has been proposed. In this way, it is intended to limit the progress of the reaction to a uniform and stable intermediate stage from which curing can take place in a more controllable way. Moreover, conversion and thermal gradients are minimized during the crosslinking stage and, therefore, the formation of internal stresses and possible defects are reduced. This paper shows the results of the experimental validation of this concept. The experimental results obtained have validated the simulation of the chemical reaction and its exothermicity. They have also made it possible to analyze the effect on the curing process of the reinforcing fibers commonly used with the analyzed resins.

Keywords

Composites, kinetics, dual curing, thermal properties, thermosets

Recibido / received: 20/06/2021. Aceptado / accepted: 24/10/2021.

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Rovira i Virgili

² Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Universitat Politècnica de Catalunya;

Autores para correspondencia: Albert Fabregat: a.fabregat@urv.cat; Xavier Fernández: xavier.fernandez@upc.edu; Francesc Ferrando: f.ferrando@urv.cat

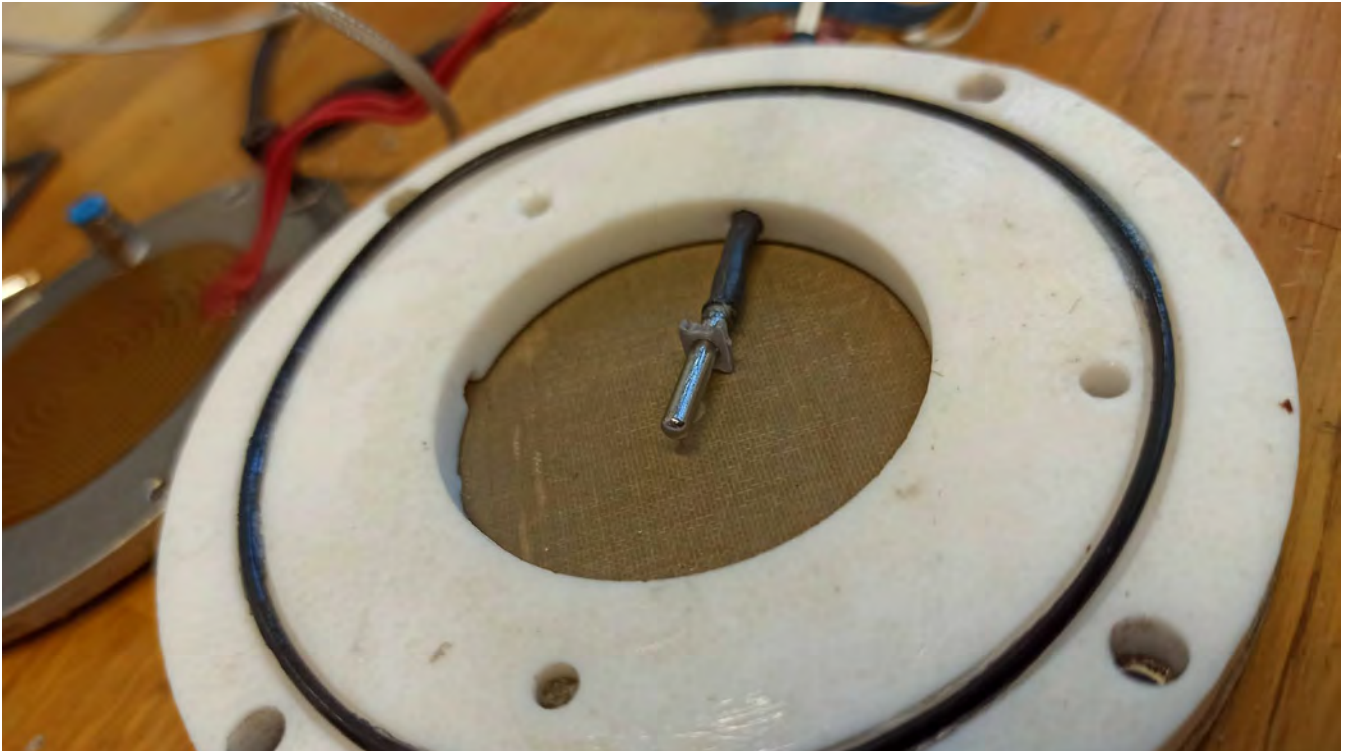


Imagen cedida por los autores del artículo.

Introducción

En las tecnologías de procesamiento utilizadas en la fabricación de materiales compuestos termoestables es clave controlar la velocidad de reacción y la exotermicidad del proceso. La exotermicidad del proceso puede generar importantes gradientes térmicos y de conversión. Estos gradientes y la contracción química/térmica de las resinas durante el curado implican la aparición de tensiones internas que acaban provocando la aparición de defectos mecánicos y dimensionales, especialmente cuando tienen un cierto grosor [1,2]. Para mejorar este comportamiento se ha propuesto el uso de sistemas de curado dual secuenciales con control cinético-térmico [3,4]. De este modo, se pretende limitar el avance de la reacción hasta un estadio intermedio uniforme y estable, a partir del cual el curado pueda tener lugar de manera más controlable, minimizando gradientes de conversión y térmicos durante la etapa de entrecruzamiento y, por tanto, reduciendo la formación de tensiones internas y posibles defectos.

La contracción inducida térmica y químicamente durante el procesamiento, en especial una vez que el material se ha gelificado y, por tanto, está desarrollando resistencia mecánica, es el prin-

cipal responsable de los defectos. Si la temperatura alcanzada en el interior es demasiado alta, la degradación térmica podría ocurrir. El control de la temperatura y los perfiles de conversión se pueden lograr mediante la definición de programas de temperatura complejos que involucran una serie de pasos de calentamiento y enfriamiento que se optimizan siguiendo diversos procedimientos numéricos [1,5]. Los criterios de optimización suelen basarse en el control de picos exotérmicos, perfiles de conversión uniformes o funciones de objetivos múltiples que incluyen múltiples efectos, como los cálculos de tensión interna [6]. Las formulaciones de termoestables de curado dual que combinan diferentes reacciones de polimerización son una alternativa interesante a los sistemas de curado convencionales debido a la posibilidad de controlar la secuencia de curado, el grado de curado en la etapa intermedia y la estructura y propiedades de la red intermedia y final [7]. Esto se logra mediante la elección de iniciadores y/o disparadores selectivos para cada reacción y simplemente cambiando la composición y estructura de los monómeros que participan en cada reacción. Estas características son atractivas para una serie de aplicaciones avanzadas,

pero el control de la secuencia de curado también es valioso para diferentes escenarios de procesamiento, como el procesamiento de etapas múltiples o el curado de piezas compuestas de gran espesor, debido a la posibilidad de detener o ralentizar el proceso una vez que finaliza el primer proceso de polimerización, y de controlar la estructura molecular o de red en este estado intermedio. Esta es una clara ventaja con respecto a las formulaciones convencionales que deben controlarse estrictamente en términos de tiempo de procesamiento-temperatura para obtener la estructura parcialmente curada deseada y, en consecuencia, garantizar una aplicación exitosa [8].

Para la validación experimental de este concepto este grupo de investigación realizó previamente el diseño y la instrumentación de un molde calefactable, con el que se pueden programar procesos de curado por etapas y en el que se monitoriza la temperatura de la parte superior e inferior del molde mediante dos sensores RTD y la temperatura de la resina mediante un sensor NTC. Además, el molde permite añadir fibras de refuerzo y variar el espesor de las probetas obtenidas y así analizar la influencia de las fibras de refuerzo y el

espesor en los resultados [9].

En este artículo se utiliza una resina epoxi comercial de curado lento (IN2 Epoxy Infusion Resin) de Easy Composites [10] y una fórmula de doble curación (EBL70/S4). Se basa en diglicidil éter de bisfenol A (DG) y trimetilolpropano tris (3-mercaptopropionato) (S3) con un exceso de grupos epoxi, usando 1-metilimidazol (IMI) como iniciador aniónico. El procesamiento de piezas compuestas basado en este sistema se simuló mediante un método de diferencias finitas asumiendo la transferencia de calor bidimensional con simetría cilíndrica. La cinética de curado y las propiedades termofísicas del sistema de curado dual se determinaron experimentalmente, mientras que se usaron modelos adecuados para determinar las propiedades efectivas de las piezas compuestas.

La principal aplicación de estas resinas es la fabricación de componentes mediante VRTM o RTM Light (Vacuum Resin Transfer Moulding). Comparado con el proceso RTM clásico, el proceso VRTM o RTM Light es relativamente ligero (de ahí su nombre) y de un coste considerablemente menor. El proceso aprovecha la presión de vacío como ayuda al cierre del molde, a diferencia de los pesados sistemas de cierre usados en RTM. Un ejemplo de piezas fabricadas por este proceso son las palas eólicas y la mayoría de piezas para aviones y náutica.

Los resultados experimentales obtenidos han validado la simulación de la reacción química y su exotermicidad. La comparación entre los resultados experimentales y la simulación ha permitido validar las hipótesis simplificadas planteadas en la simulación: 1) la geometría del modelo de simulación (sin elementos singulares como los tornillos de unión entre las placas del molde, las juntas tóricas y la vaselina utilizada para la estanqueidad de vacío y los racores y tubos de entrada y salida del fluido); 2) la diferencia entre los resultados concretos de temperatura en la simulación y la medición con sondas que, aunque de tamaño reducido no son puntuales y están encapsuladas en acero inoxidable, y 3) pequeños cambios en la temperatura ambiente experimental respecto a la hipótesis en la simulación de temperatura ambiente constante. Así pues, se ha demostrado que el proceso de reticulación se puede

controlar fácilmente si el calor liberado durante la primera reacción se disipa correctamente, de modo que no se produzca un incremento de temperatura que conduzca a la activación prematura de la segunda reacción. Los resultados muestran que esta disipación se puede lograr mediante la selección de una temperatura y un tiempo de permanencia adecuados del primer curado, con el objetivo de evitar una gelificación prematura. El calentamiento posterior conduce a la activación de la segunda reacción y la reticulación, que tiene lugar de una manera más controlada debido a la reducida exotermicidad restante del segundo proceso de reacción. Los resultados también han permitido analizar el efecto en el proceso de curado que tienen las fibras de refuerzo utilizadas habitualmente con las resinas analizadas.

Materiales y métodos

En esta sección se presentan el material y los métodos utilizados. Para una mayor claridad se ha separado en diferentes apartados.

Equipo experimental

En la figura 1 se muestra el molde utilizado. La descripción completa del molde se puede consultar en Fabregat-Sanjuan *et al.* [9]. A continuación, se exponen las características más importantes. El molde es autocalefactable mediante control proporcional integrador derivativo (PID), con el que se pueden programar las etapas del curado dual y en el que se monitoriza la temperatura de la parte superior e inferior del molde mediante dos sensores de temperatura RTD (Resistance Temperature Detector) PT1000 y la temperatura de la resina mediante un sensor de temperatura NTC (Negative Temperature Coefficient). Además, el molde permite variar el espesor y utilizar fibras de refuerzo de las probetas obtenidas y así analizar la influencia del espesor y las fibras en los resultados.

Antes de introducir la resina en el molde se realizó la preparación de la mezcla. En el caso de la resina IN2 Epoxy, se realizó la mezcla de la resina y el endurecedor a temperatura ambiente (25 °C), se mezcló con espátula durante 5 minutos y se realizó una desgasificación en vacío durante 15 minutos. Posteriormente, se realizó el vacío

en el molde y se introdujo la resina. En el caso de la resina EBL70/S4 se realizó una etapa previa (un día antes del experimento) de mezcla de los componentes EBL70/S4 con espátula durante 5 minutos y desgasificación a 50 °C durante 2 horas. Para terminar la preparación, en el momento del experimento se añade el iniciador mediante una mezcla con espátula de 5 minutos, seguido de una desgasificación en vacío a temperatura ambiente de 15 minutos. De la misma manera que con la resina IN2 epoxy, para suministrar la resina se realiza el vacío en el molde y se introduce la resina.

En el caso de las muestras preparadas con fibra, el proceso de preparación fue similar con la salvedad de que la fibra se introdujo en el molde antes de la infusión de la resina. La fracción en volumen de fibra se estimó a partir de las densidades de la resina y la fibra y la dimensión y masa de la muestra.

Materiales

La resina IN2 Epoxy es una resina epoxi-amina bicomponente para infusión con baja viscosidad (200-450 MPa·s a 25 °C), lo que garantiza que pueda usarse con fibra de refuerzo. La resina ha sido suministrada por Easy Composites [10]. Los componentes A (amina) y E (epoxi) de la formulación se mezclan en una proporción másica de 30 a 100, respectivamente.

La resina EBL70/S4 consta del componente epoxi EBL70 (diglicidil éter de bisfenol A 185 g/eq, suministrado por Stera Chemicals), un politiol como agente de entrecruzamiento S4 (tetrakis[3-mercaptopropionato] de pentaeritritol, 489 g/mol, suministrado por Sigma-Aldrich) y el iniciador IMI (1-metilimidazol 82 g/mol, suministrado por Sigma-Aldrich). La mezcla EBL70/S4 se prepara mezclando una relación másica de 77,2 a 22,8 en EBL70 y S4, respectivamente. Esta mezcla corresponde a una relación molar de grupos tiol a epoxi de 0,45:1, aproximadamente. A la mezcla se añade el 1% de IMI.

La fibra de vidrio de refuerzo utilizada es de 600 g/m² y de tipo Mat (largos hilos cortados colocados al azar que se mantienen cohesionados gracias a un emulsionante). Ha sido suministrada por la empresa Feroxa SA [11]. El teflón utilizado para el anillo es estándar y la espuma de poliuretano

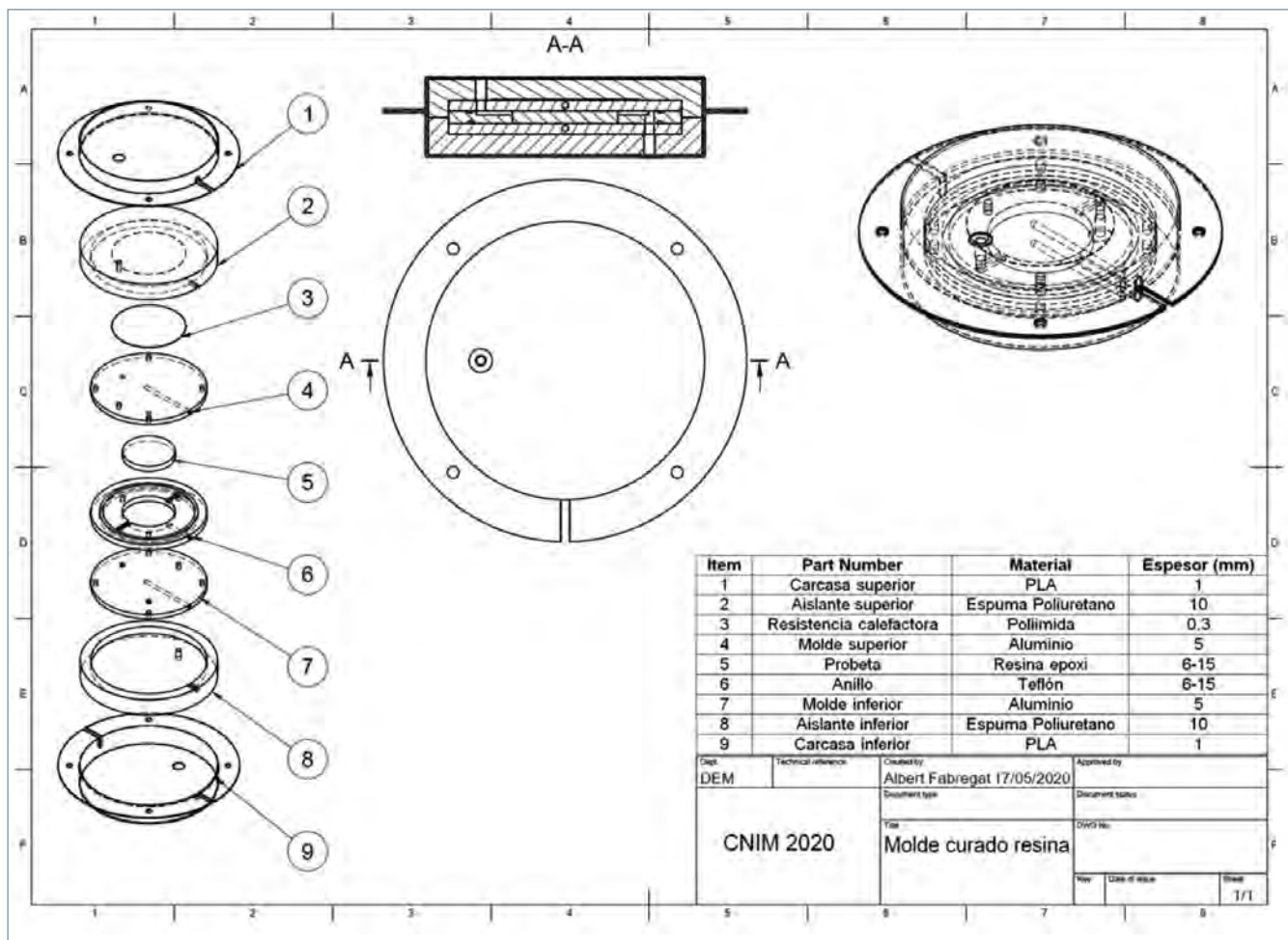


Figura 1. Molde utilizado para realizar los experimentos de curado dual.

para el aislante es de tipo ignífugo y tiene una densidad de 28 kg/m³; ambos materiales han sido suministrados por la empresa Industria de la Goma SA. El aluminio para la placa superior e inferior del molde es de la aleación EN AW 2024 y ha sido suministrado por la empresa Broncesval S.L.

Caracterización termofísica de las resinas

Se ha analizado la cinética de curado y se han determinado las propiedades térmicas de las distintas resinas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Se ha utilizado un equipo Mettler DSC 3+ equipado con un *intracooler* y DSC822 equipado con un brazo robótico para muestreo automático y enfriado mediante nitrógeno líquido. Ambos equipos han sido calibrados con patrones de indio y cinc.

La cinética de curado del sistema IN2 se ha analizado mediante análisis dinámicos a velocidades de calenta-

miento β comprendidas entre 1,25 y 20 °C/min, y en condiciones isotérmicas a temperaturas T entre 60 °C y 120 °C. En el caso de la formulación EBL70/S4 la cinética de las dos etapas de curado se ha analizado de manera independiente. El primer proceso de curado del sistema EBL70/S4 se ha analizado a β entre 1,25 y 20 °C/min y T entre 20 y 80 °C. El segundo proceso de curado del sistema EBL70/S4 se ha analizado después de un primer curado a 80 °C durante 5 minutos para completar la primera etapa, a velocidades de calentamiento β entre 1,25 y 10 °C/min y T entre 90 y 130 °C.

El grado de conversión x y la velocidad de reacción dx/dt se han determinado mediante las siguientes expresiones:

$$x = \frac{\Delta h}{\Delta h_{total}} \quad \frac{dx}{dt} = \frac{dh/dt}{\Delta h_{total}} \quad (1)$$

Donde Δh es el calor liberado hasta un cierto instante (experimento iso-

térmico) o temperatura (experimento dinámico), dh/dt es el flujo de calor liberado de manera instantánea, y Δh_{total} corresponde al calor total liberado en el proceso de curado en los experimentos dinámicos e isotérmicos, asumiendo que el curado sea completo en cualquier caso.

Para la determinación de la c_p se ha empleado el método DIN 51007 utilizando alúmina (Al₂O₃) como sustancia de referencia [12].

La densidad ρ de las muestras se ha supuesto constante y se ha determinado a partir de una regla simple de mezcla y teniendo en cuenta la densidad de los componentes individuales de la formulación. La conductividad térmica λ de las resinas curadas no ha sido medida y se han utilizado valores típicos de materiales similares en la literatura especializada [3,13].

La temperatura de transición vítrea T_g se determinó a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min como el

punto medio en el salto de capacidad calorífica Δc_p durante la relajación vítrea. Se hicieron determinaciones antes del proceso de curado (T_{g0} y Δc_{p0}) y después del proceso de curado ($T_{g\infty}$ y $\Delta c_{p\infty}$). Se determinó la evolución de la T_g con el grado de curado, su relación $T_g(x)$, a partir de la relación de Venditti y Gillham [14] con el fin de validar el modelo de propiedades termofísicas empleado en la simulación del proceso de curado.

$$\ln T_g(x) = \frac{(1-x) \cdot \ln T_{g0} + (\Delta c_{p\infty}/\Delta c_{p0}) \cdot x \cdot \ln T_{g\infty}}{(1-x) + (\Delta c_{p\infty}/\Delta c_{p0}) \cdot x} \quad (2)$$

En el caso del material dual EBL70/S4 se determinaron también las propiedades en el estado intermedio (T_{gint} y Δc_{pint}). Se establecieron dos relaciones $T_g(x)$ independientes para la primera y la segunda etapas de curado [3-15-16].

Análisis cinético

Para la modelización cinética se ha utilizado un modelo cinético basado en múltiples elementos autocatalíticos en paralelo [3,17] con un periodo de inducción ficticio para modelar adecuadamente el arranque de la reacción. El curado en el periodo de inducción se ha modelizado de la siguiente manera:

$$\frac{dx}{dt} = x_{ind} \frac{\exp(-E_{ind}/RT)}{g(x_{ind})/k_{0,ind}} \quad x < x_{ind} \quad (3)$$

Donde x_{ind} es un grado de conversión correspondiente al periodo de inducción ficticio, con un valor de 0,01. Los parámetros E_{ind} y $g(x_{ind})/k_{0,ind}$ se han determinado para el grado de conversión $x=x_{ind}=0,01$ mediante análisis isoconversional integral no lineal utilizando información isotérmica y dinámica [3,17]. Pasado el periodo de inducción, el curado se ha modelizado mediante las siguientes expresiones:

$$\frac{dx}{dt} = \sum k_i(1-x)^{n_i}x^{m_i} \quad x \geq x_{ind} \quad (4)$$

Donde k_i es una constante cinética con una dependencia térmica tipo Arrhenius $k_i=k_{0,i} \exp(-E_i/RT)$, con energía de activación E_i y factor pre-exponencial $k_{0,i}$; n_i y m_i son los órdenes aparentes de reacción del elemento autocatalítico. Los parámetros cinéticos se han determinado mediante regresión no lineal múltiple a partir de los datos experimentales de velocidad

de reacción determinados experimentalmente mediante DSC.

Simulación

El escenario elegido fue la simulación de piezas compuestas procesadas por moldeo por transferencia de resina, centrándose únicamente en la etapa de curado. Pese a que el molde es un elemento tridimensional, las simulaciones se realizaron asumiendo la transferencia de calor bidimensional con simetría cilíndrica. En la figura 2 se puede observar el esquema de la geometría utilizada para la simulación.

La figura 2.a muestra un esquema simplificado del molde y la sección transversal estudiada, y en la figura 2.b se representa un elemento finito característico, con espesor Δz y Δr en las direcciones axial y radial, respectivamente. En la ampliación de la sección de la figura 2.c se pueden observar distintas zonas correspondientes a los componentes del molde, y una esquematización del mallado. La probeta, ya sea con resina sola o composite (resina + fibra) de espesor L se cura entre las dos partes del molde de aluminio y el anillo de teflón que controla el espesor de la probeta. Todo el conjunto está protegido mediante una capa de espuma aislante y una carcasa de PLA. El mallado se ha realizado con espesores Δz y Δr variables para adaptarse a las

dimensiones de los diferentes componentes. Se han considerado las distintas propiedades de los materiales en las distintas zonas para modelizar correctamente la difusión de calor.

La ecuación constitutiva para la disipación de calor y la generación de calor es:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left(\lambda \cdot r \cdot \frac{dT}{dr} \right) + \frac{d}{dz} \left(\lambda \cdot \frac{dT}{dz} \right) + q_{gen} = \rho \cdot c_p \cdot \frac{dT}{dt} \quad (5)$$

Donde λ , ρ y c_p son la conductividad térmica efectiva, la densidad y la capacidad calorífica específica, respectivamente, y T es la temperatura. Se ha supuesto insignificante la resistencia a la transferencia de calor entre la resina y las fibras de refuerzo. La dirección transversal está indicada por la letra z y la radial mediante la letra r . Debido a la simetría cilíndrica no aparece el ángulo de revolución θ . En la expresión, el término q_{gen} es el calor generado por unidad de volumen y solamente está presente en los elementos donde se encuentra la resina y la resistencia calefactora. En el caso de la generación de calor correspondiente al curado de la resina, se puede expresar como:

$$q_{gen} = \frac{dh}{dt} \phi_r \rho_r \quad (6)$$

Donde dh/dt es el calor de reacción liberado por unidad de tiempo y unidad de masa de la resina, θ_r es la frac-

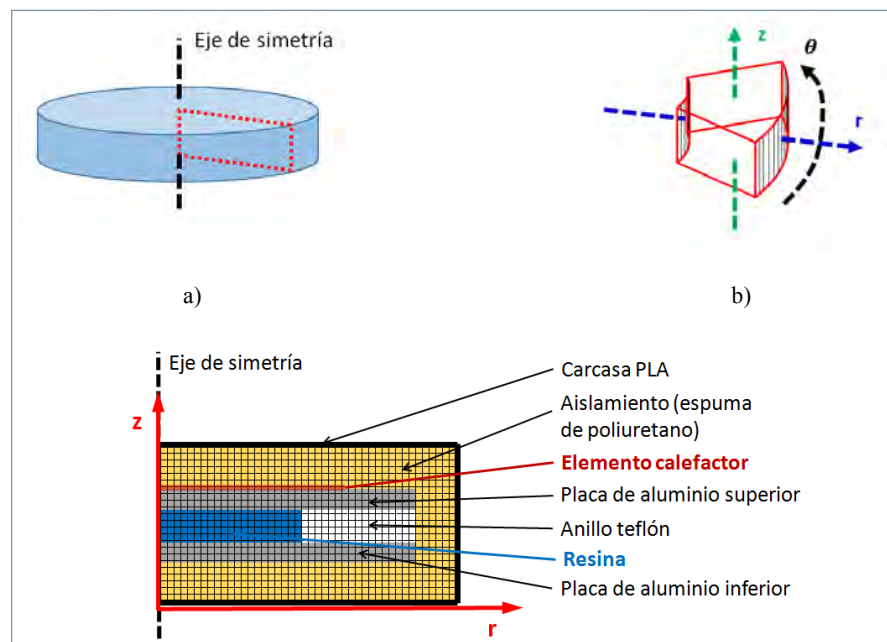


Figura 2. Esquema de la discretización en elementos finitos con simetría cilíndrica: (a) vista general, (b) elemento finito y (c) mallado y zonas perfil de temperatura utilizado.

ción en volumen de resina y ρ_r es la densidad de la resina. En el caso de un curado en una etapa, el calor liberado se puede expresar como:

$$\frac{dh}{dt} = \Delta h_{total} \frac{dx}{dt} \quad (7)$$

Donde Δh_{total} es el calor total de la reacción en J/g, x es el grado de conversión del sistema de reacción y dx/dt es la velocidad de reacción. En el caso de un sistema de curado dual, la expresión pasa a ser:

$$\frac{dh}{dt} = \Delta h_1 \frac{dx_1}{dt} + \Delta h_2 \frac{dx_2}{dt} \quad (8)$$

Donde los subíndices 1 y 2 indican el primer y segundo proceso, respectivamente. El sistema dual es similar a otro estudiado anteriormente [3] y puede asumirse un comportamiento estrictamente secuencial, por lo cual el segundo proceso solo se inicia cuando el primero ha finalizado.

En el caso de la resistencia calefactora se ha utilizado un valor de q_{gen} con una capacidad máxima de 0,011 W/mm³ de acuerdo con sus dimensiones y potencia, que solo se activa de acuerdo con el programa térmico establecido. La programación térmica seguida para realizar el proceso de curado dual se estableció en 5 etapas: (1) calentamiento a 1 °C/min hasta la temperatura de la primera etapa (40-50 °C), (2) permanencia durante 60 minutos, (3) calentamiento a 1 °C/min hasta la temperatura de la primera etapa (70-80 °C), permanencia durante 60 minutos y (5) enfriamiento hasta condiciones ambientales a 1 °C/min. La activación de la resistencia calefactora tiene lugar siempre que la temperatura en un nodo de control, correspondiente a la sonda superior de temperatura de la placa de aluminio superior, sea inferior a la del programa. De todos los datos de la simulación se extrajeron las temperaturas correspondientes al eje de simetría ($r = 0$) y en las posiciones correspondientes a la mitad de la placa superior, la mitad de la muestra y la mitad de la placa inferior, equivalentes a la posición de las sondas de temperatura experimentales.

Las propiedades termofísicas efectivas de las resinas compuestas se calcularon utilizando modelos disponibles en la literatura especializada para

compuestos reforzados con fibra de vidrio. Todas las propiedades dependen del contenido de fibra, y en este trabajo se ha empleado una fracción de volumen de relleno $\phi_r = 0,35-0,40$, similar a otros sistemas compuestos reportados en la literatura especializada [6]. Para la conductividad térmica se ha utilizado el siguiente modelo [18]:

$$\lambda = \lambda_r \frac{(1 + \phi_f)\lambda_f + (1 - \phi_f)\lambda_r}{(1 - \phi_f)\lambda_f + (1 + \phi_f)\lambda_r} \quad (9)$$

En la expresión anterior, λ_r y λ_f son las conductividades térmicas de la resina y la fibra, respectivamente, y ϕ_f es la fracción de volumen de fibra. El valor de λ_r se obtuvo experimentalmente y el valor de λ_f se supuso de 0,9 Wm⁻¹ K⁻¹. Pese a que es posible que exista anisotropía por una cierta orientación de las fibras de forma perpendicular al eje de simetría del molde, se ha asumido que no había ninguna dirección preferente y por tanto se ha utilizado esta expresión única en todas las direcciones.

Para la capacidad calorífica específica efectiva se utilizó un promedio ponderado:

$$c_p = w_r c_{pr} + (1 - w_r) c_{pf} \quad (10)$$

Donde c_p y c_{pf} son las capacidades de calor específicas de la resina y la fibra, respectivamente, y w_r es la fracción de masa de la resina. El parámetro c_{pr} se calculó a partir de mediciones experimentales y se supuso un valor de 700 Jkg⁻¹K⁻¹. La fracción de masa de la resina se calculó como:

$$w_r = \frac{\phi_r \rho_r}{\phi_r \rho_r + \phi_f \rho_f} \quad (11)$$

Donde ρ_r y ρ_f son las densidades de la resina y la fibra, respectivamente. El parámetro ρ_r se calculó experimentalmente y para el valor de ρ_f se asumió un valor de 2.200 kgm⁻³.

La densidad efectiva del composite se calculó como:

$$\rho = \phi_r \rho_r + \phi_f \rho_f \quad (12)$$

Se establecieron condiciones de contorno en las diferentes fronteras del sistema estudiado. En el eje de simetría, $r = 0$: se supuso que $dT/dr = 0$. En la cara exterior, $r = r_{max}$, se estableció una condición de frontera

$$k \cdot \frac{dT}{dr} = h \cdot (T_{amb} - T_{r=r_{max}}) \quad (13)$$

Donde T_{amb} es la temperatura del aire del entorno, $T_{r=r_{max}}$ es la temperatura superficial y h es un coeficiente de convección-radiación que se calculó como:

$$h = h_0 + \sigma \varepsilon \frac{(T_0^4 - T_{r=r_{max}}^4)}{T_{amb} - T_{r=r_{max}}} \quad (14)$$

Donde h_0 corresponde al coeficiente de convección con el aire del entorno en reposo, σ es la constante de Stefan-Boltzmann, ε es la emisividad de la superficie del molde y T_0 es la temperatura de la superficie de las paredes de la habitación. Se asumieron valores $h_0 = 5$ W/m² K, $\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8}$ W/m² K⁴, $\varepsilon = 0,9$ y $T_0 = T_{amb}$. En ausencia de monitorización de la temperatura ambiental, se asumió igual a la temperatura inicial del ensayo.

Para las superficies con $z = z_{max}$ y $z = 0$ las condiciones de contorno que se establecieron fueron, respectivamente

$$k \cdot \frac{dT}{dz} = h \cdot (T_{amb} - T_{z=z_{max}}) \quad (15)$$

$$k \cdot \frac{dT}{dz} = -h \cdot (T_{amb} - T_{z=0}) \quad (16)$$

Donde $T_{z=z_{max}}$ y $T_{z=0}$ son las temperaturas superficiales superior y inferior, respectivamente.

La simulación térmica se realizó en MATLAB mediante un algoritmo propio basado en una resolución implícita de la ecuación de difusión de calor (4) mediante el método de las direcciones alternas de manera similar a otros trabajos [19]. El grado de avance de la reacción se modelizó mediante una integración explícita de la ecuación de velocidad. Para controlar la precisión de la integración numérica se utilizó en intervalos de tiempo Δt con un control del paso de integración de la siguiente manera:

$$\Delta t = \min(\Delta t_{máx}, \Delta t_x, \Delta t_T) \quad (17)$$

Donde $\Delta t_{máx}$ es el máximo paso de integración admitido, Δt_x es el máximo tiempo de integración controlado por la reacción y Δt_T es el máximo tiempo de integración controlado por gradientes térmicos. Los factores Δt_x y Δt_T se

calcularon antes de ejecutar cada paso de integración como

$$\Delta t_x = \frac{\Delta x_{m\acute{a}x}}{\text{m\acute{a}x}(dx/dt_{i,j})} \tag{18}$$

$$\Delta t_T = \frac{\Delta T_{m\acute{a}x}}{\text{m\acute{a}x}(dT/dt_{i,j})} \tag{19}$$

Donde $\Delta x_{m\acute{a}x}$ y $\Delta T_{m\acute{a}x}$ son un valor m\acute{a}ximo permitido de incremento de conversi3n y temperatura, respectivamente, dx/dt se eval\ua a partir de la velocidad de reacci3n en todos los nodos donde hay resina reactiva, y dT/dt se eval\ua utilizando la ecuaci3n (5) de manera expl\iacita en todos los nodos del sistema.

En la tabla 1 se incluyen los datos de propiedades termof\isicas utilizadas en el modelo. En el conjunto de materiales se ha supuesto que las propiedades eran independientes de la temperatura. Pese a que las propiedades de las resinas pueden presentar una cierta dependencia t\ermica y con el grado de avance de la reacci3n, se han considerado unos valores constantes con validez en el rango de temperaturas experimental. Los valores se obtuvieron a partir de diferentes fuentes como la librer\ia de materiales del *software* Fusion 360 de Autodesk, la librer\ia de la base de datos de Engineering Equation Solver (EES) y trabajos de otros autores [20,21].

Resultados y discusi3n

En esta secci3n se presentan los resultados obtenidos en ambas resinas, con diferentes espesores, con y sin fibras de refuerzo. Para una mayor claridad se ha separado en diferentes apartados.

Resina epoxi IN2

En primer lugar, se realiz3 una caracterizaci3n del curado de la resina IN2 desde un punto de vista calorim\etrico. La tabla 2 resume los par\ametros principales extra\idos del an\alisis. Cabe destacar la alta exotermicidad del proceso de curado, comparable a otros sistemas epoxi-amina [22,23]. El valor de $T_{g^{\infty}}$ es moderadamente alto, lo que hace que el material completamente curado presente un comportamiento el\astico y r\ıgido a temperatura ambiente o ligeramente superior. El alto valor de $\Delta c_{p^{\infty}}/\Delta c_{p0}$ es una indicaci3n de que el

| Material | ρ (kg/m ³) | λ (W/mK) | c_p (J/kgK) |
|------------------|-----------------------------|------------------|---------------|
| Aluminio | 2.700 | 230 | 897 |
| Tefl3n | 2.150 | 0,28 | 1.050 |
| Aislante | 28 | 0,035 | 2.500 |
| Carcasa PLA | 1.240 | 0,13 | 1.800 |
| Resistencia | 1.380 | 0,17 | 1.464 |
| Fibra de vidrio | 2.200 | 0,90 | 700 |
| Resina IN2 Epoxy | 1.150 | 0,19 | 1.700 |
| Resina EBL70/S4 | 1.200 | 0,19 | 1.700 |

Tabla 1. Valores de las propiedades termof\isicas de los diferentes materiales empleados en la simulaci3n

grado de entrecruzamiento del material es moderado.

La tabla 3 muestra el calor de reacci3n y los par\ametros cin\eticos para la formulaci3n IN2. La figura 3 compara datos experimentales con los resultados de la simulaci3n. El ajuste entre los datos experimentales y la simulaci3n es excelente, como se puede ver en la figura. Pese a que el valor de $T_{g^{\infty}}$ est\ a por debajo de 80 °C, no se observ3 un efecto apreciable de la vitrificaci3n durante el proceso de curado, al contrario de lo que pasa en sistemas con $T_{g^{\infty}}$ m\as alta [22]. Por tanto, el modelo cin\etico utilizado se puede considerar v\alido para describir el proceso de curado en las condiciones experimentales. El rango de temperaturas experimental de los an\alisis cin\eticos abarca de los 40 a los 250 °C, por lo que son de una gran fiabilidad de cara a las simulaciones. El proceso de curado es moderadamente lento; necesita cerca de 4 horas para completarse a 80 °C, por lo que se espera que el control de la exotermicidad durante el procesado sea f\acil.

Los valores de las otras propiedades termof\isicas se muestran en la tabla 1. El an\alisis de la c_p puso de manifiesto que presentaba muy poca variaci3n en el estado relajado, por

| Propiedad | Valor |
|---------------------------------------|-------|
| Δh_{total} (kJ/kg) | 455 |
| T_{g^0} (°C) | -56,6 |
| $T_{g^{\infty}}$ (°C) | 77,6 |
| $\Delta c_{p^{\infty}}/\Delta c_{p0}$ | 0,676 |

Tabla 2. Resultados del an\alisis calorim\etrico de la resina IN2

encima de su T_g , con valores alrededor de 1.700 J/kgK. Durante las simulaciones se verific3 que el material se encontraba a temperaturas superiores a la T_g determinada mediante la relaci3n $T_g^{\infty}(x)$ de Venditti y Gillham y los par\ametros de la tabla 2. El valor de la conductividad t\ermica λ se asumi3 constante e igual a 0,19 W/mK, similar al obtenido para sistemas similares mostrados en la literatura especializada [3,13]. El hecho de que las propiedades termof\isicas que constituyen la difusividad t\ermica de la resina se consideren constantes durante el curado es una posible fuente de error a tener en cuenta en el an\alisis de los resultados, habida cuenta de que propiedades como λ presentan una dependencia con la temperatura y el grado de conversi3n [5,24,25].

En la figura 4 se comparan los diferentes perfiles de temperatura

| $\Delta h=455000$ J/kg | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| $x < x_{ind}$ | E_{ind} (kJ/mol) | 54.62 | | |
| | $\ln[g(x_{ind})/k_{0,ind}]$ (1/min) | -19.09 | | |
| $x \geq x_{ind}$ | E_i (kJ/mol) | $i=1$ | $i=2$ | $i=3$ |
| | $\ln k_{0,i}$ (1/s) | 38.89 | 57.00 | 47.79 |
| | n_i | 7.19 | 12.63 | 10.97 |
| | m_i | 1.648 | 3.448 | 2.821 |
| | | 6.784 | 0.180 | 1.436 |

Tabla 3. Par\ametros cin\eticos de la formulaci3n IN2

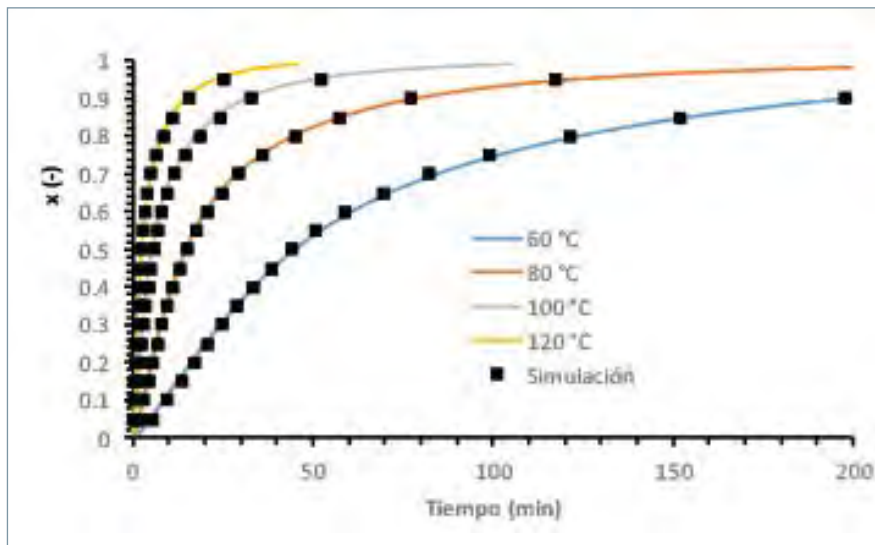


Figura 3. Comparación de datos experimentales y simulados del curado de la resina IN2 a distintas temperaturas, utilizando el modelo cinético descrito en este trabajo y los parámetros mostrados en la Tabla 3.

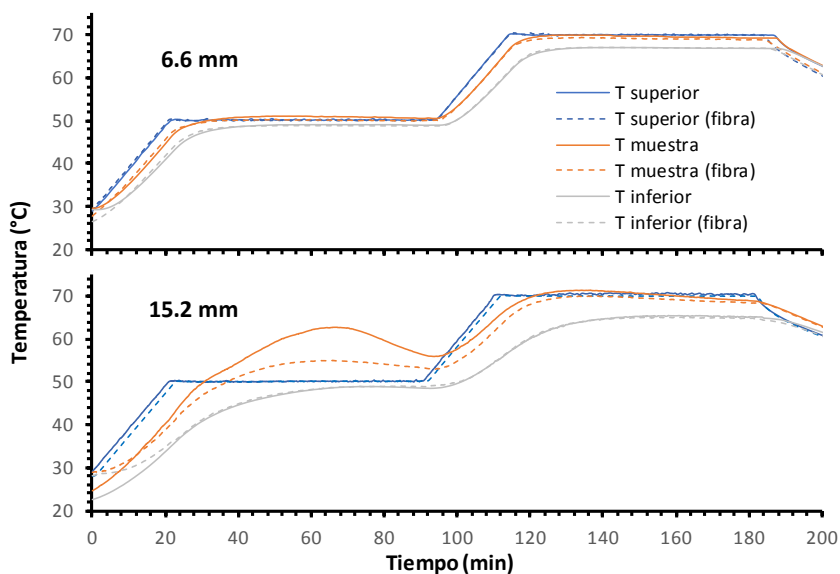


Figura 4. Comparación de las temperaturas obtenidas experimentalmente en los moldes con grosor de muestra 6,6 mm (gráfico superior) y 15,2 mm (gráfico inferior), sin fibra (línea continua) y con fibra (línea discontinua, fracción en volumen del 31,9% y del 27,8% en los moldes de 6,6 mm y 15,2 mm, respectivamente).

(placa superior, inferior e interior de muestra) obtenidos de los distintos experimentos realizados con la resina IN2. En el gráfico superior se representan los resultados para el molde de 6,6 mm sin fibra y con fibra con una fracción en volumen del 31,9%, y en el gráfico inferior los obtenidos con el molde de 15,2 mm, siendo la fracción de fibra del 27,8%. Se puede observar la clara inercia térmica que experimenta el molde durante su calentamiento, a partir de la diferencia entre las temperaturas de las placas superior

(donde está situada la resistencia calefactora) y la placa inferior. Esta inercia térmica es mayor, lógicamente, en el molde de 15,2 mm. Hay que destacar que en el molde de 6,6 mm se produce un ligero recalentamiento en el interior de la muestra, hasta 1-2 grados por encima de la temperatura de programación de la placa superior en la primera etapa isotérmica, que se atenúa con la presencia de fibra. Sin embargo, en el molde de 15,2 mm, el recalentamiento que experimenta la resina por la acumulación de calor en el interior del molde es mucho más significativo, alcanzando un pico

13 °C por encima de la temperatura de programación. La temperatura no acaba de descender cuando empieza el segundo calentamiento, donde se observa otro pequeño pico debido a la acumulación de calor. En este caso, el efecto de la fibra (el 27,8% en volumen) sí que es significativo, reduciendo de manera importante el pico de recalentamiento inicial hasta los 5 °C por encima de la temperatura de programación. La presencia de la fibra contribuye tanto a disminuir la cantidad de calor generada como a facilitar su disipación debido al incremento en conductividad térmica de la muestra. Estos resultados ponen de manifiesto que este dispositivo experimental es sensible a fenómenos térmicos de distinta intensidad.

Con el fin de validar el modelo de simulación, se han analizado dos casos extremos. Por un lado, el molde de 6,6 mm con resina IN2 y el 31,9% en volumen de fibra, que presenta una menor acumulación y mejor disipación de calor (Fig. 5) y, por otro, el molde de 15,2 mm sin fibra, con una mayor inercia térmica y acumulación de calor (Fig. 6). Puesto que no se ha analizado experimentalmente, en la programación de la simulación se ha asumido que la temperatura del entorno corresponde con la temperatura inicial del sistema de la placa inferior del molde y se han utilizado los mismos tiempos de calentamiento y residencia a las temperaturas programadas. Se ha tenido en cuenta el tiempo de preparación e infusión de la muestra para establecer la conversión inicial de la resina al inicio de la simulación.

La figura 5 muestra como en el caso del molde de 6,6 mm de grosor los resultados de la simulación son muy cercanos a los resultados experimentales. En el gráfico superior se observa que tanto la inercia térmica como la baja acumulación de calor están correctamente representadas por el modelo. Hay que destacar que los gradientes térmicos son muy reducidos y controlados durante el proceso, lo que hace que la evolución de la conversión durante el proceso sea muy uniforme, como se ve en el gráfico inferior; la conversión es un poco mayor en la capa de material en contacto con la placa superior a lo largo del proceso de curado. En la figura 6

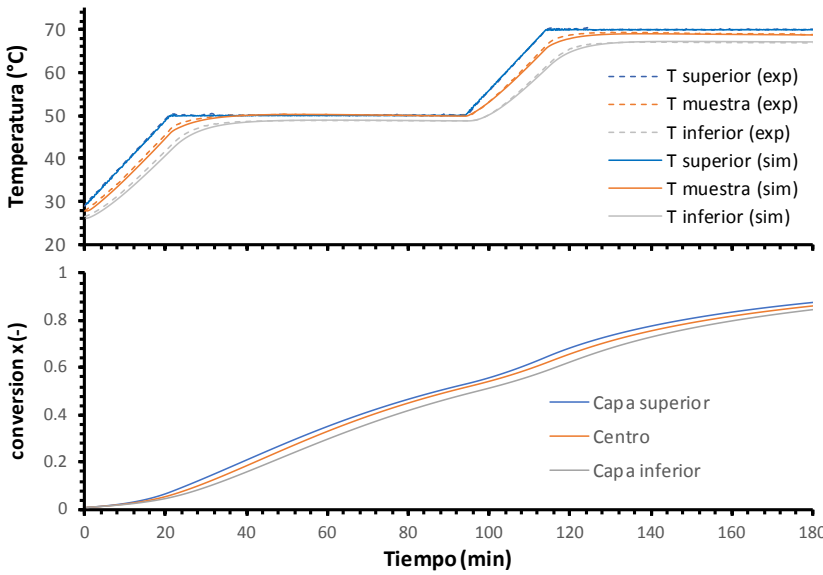


Figura 5. Comparación de los perfiles de temperatura experimentales y simulados en el molde de 6,6 mm con la resina IN2 y el 31,9% de fibra (gráfico superior) y evolución del grado de conversión calculado mediante simulación (gráfico inferior).

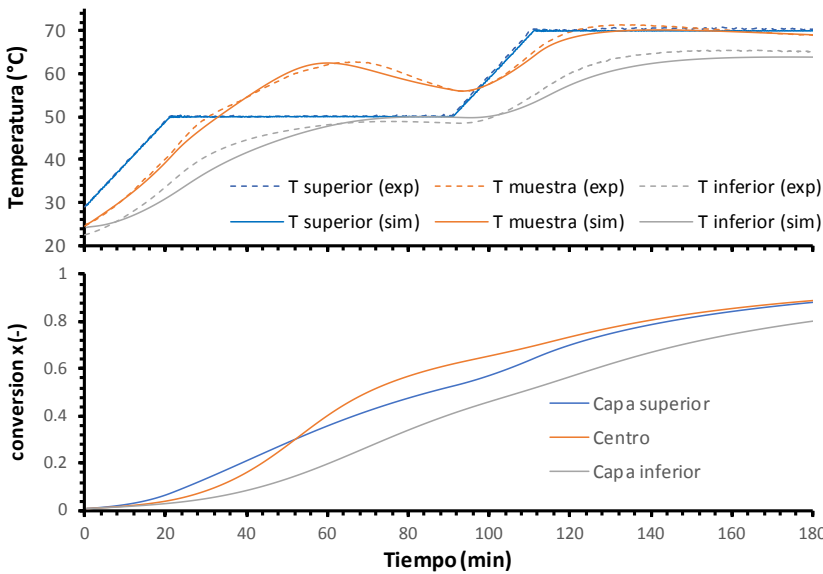


Figura 6. Comparación de los perfiles de temperatura experimentales y simulados en el molde de 15,2 mm con la resina IN2 y sin fibra (gráfico superior) y evolución del grado de conversión calculado mediante simulación (gráfico inferior).

se pueden observar los resultados de la resina epoxi sin fibra con 15,2 mm de espesor. Se puede observar claramente como la simulación permite reproducir de manera bastante fiel la inercia térmica del molde, la acumulación de calor y el moderado disparo térmico que tiene lugar debido a la exotermicidad del curado y la baja capacidad de disipación térmica de la resina y el conjunto del molde. En este

caso, cabe esperar un mayor gradiente de conversión a lo largo del proceso de curado y, de hecho, se observa que el grado de conversión es mayor en la zona central de la muestra debido al efecto del disparo térmico en la cinética del curado.

La similitud entre la simulación y los datos experimentales es en ambos casos es destacable. Las discrepancias experimentales son aparentemente

mayores en el molde de 15,2 mm, pero el resultado sigue siendo aceptable. En los otros casos (6,6 mm sin fibra, 15,2 mm con fibra) los resultados fueron comparativamente similares. Hay que tener en cuenta, por un lado, la incertidumbre experimental asociada al montaje del molde, la preparación de la muestra y el posicionamiento y calibración de las sondas de temperatura, y el hecho de que no se monitorizara la temperatura del entorno, como posibles fuentes de error. Por otro lado, se han hecho simplificaciones importantes desde un punto de vista geométrico en el modelo de simulación. Hay una cierta imprecisión en algunos valores de propiedades termofísicas y también incertidumbre en las condiciones de contorno, que no fueron determinadas experimentalmente. El modelo empleado para determinar la conductividad térmica en presencia de fibra es mejorable, aunque su posible impacto negativo queda atenuado por la efectiva distribución del calor en las placas de aluminio superior e inferior. Por otro lado, hay que destacar que en todos los casos se verificó que, efectivamente, la temperatura durante el proceso de curado era claramente superior a la $T_g(x)$ determinada mediante la expresión (2), lo que refuerza la validez general del modelo simplificado de propiedades termofísicas de la resina empleado en la simulación.

Hay que destacar que, en ningún caso, estos perfiles de conversión y temperatura están optimizados desde un punto de vista de control térmico o mecánico [1,5,18], debido a la limitación experimental del molde en la velocidad de calentamiento y enfriamiento. Además, la resina epoxi IN2 es una resina comercial de amplia utilización y, por tanto, con un comportamiento largamente conocido. Sin embargo, los experimentos realizados con la resina epoxi IN2 tenían como principal objetivo la verificación de la utilidad del molde para analizar el procesado de materiales compuestos y la validación del comportamiento térmico del molde determinado mediante el modelo de simulación, además de disponer de un valor base para la comparación posterior con la resina dual EBL70/S4, un sistema dual similar al descrito en la literatura especializada [3-26] con el que se pretende probar

experimentalmente el concepto y la aplicación de la liberación controlada de calor (*sequential heat release, SHR*) en el procesado de materiales compuestos, hasta ahora descrito como una mera posibilidad desde un punto de vista teórico [3].

En la figura 7 se muestran diferentes imágenes de las probetas obtenidas con la resina IN2. En la figura 7a se muestra la probeta sin fibra justo después de desmoldar y aún dentro del anillo de teflón. Se puede apreciar con claridad que la resina es transparente y el sensor de temperatura colocado en el centro de la probeta. En la figura 7b se aprecia el momento de desmoldeo de una probeta de 15,2 mm con resina de refuerzo. Se puede apreciar que la distribución de la fibra es uniforme en el espesor. En la figura 7c se aprecia la misma probeta que la figura 7b, pero fuera del molde y en vista lateral, donde se aprecia que el sensor de temperatura está en la mitad del espesor.

Resina EBL70/S4

La formulación EBL70/S4 es un sistema dual basado en la reacción tiol-epoxi con exceso de epoxi. Este tipo de sistema dual ha sido descrito anteriormente [4], y las reacciones tiol-epoxi y homopolimerización aniónica de grupos epoxi han sido descritas con detalle recientemente [27,28]. El carácter secuencial de este sistema dual se fundamenta en la gran diferencia desde el punto de vista cinético entre el primer y el segundo proceso, y la selectividad casi exclusiva del primer proceso en presencia de grupos tiol [27].

La tabla 4 resume los parámetros principales extraídos del análisis de la primera y segunda etapa del proceso de curado del sistema EBL70/S4. Como se puede ver, el calor total de reacción es comparable al de la formulación IN2, pero se encuentra repartido en dos etapas de curado, de la misma manera que para otros sistemas tiol-epoxi similares [3,26,29]. Teniendo en cuenta que la relación tiol-epoxi de este sistema es de $r = 0,45$, el calor de la primera etapa de reacción concuerda con el valor de 125-130 kJ/eq determinado para la reacción tiol-epoxi [3,26,30], y el calor de la segunda etapa concuerda con un valor de 90-100 kJ/eq para la reacción

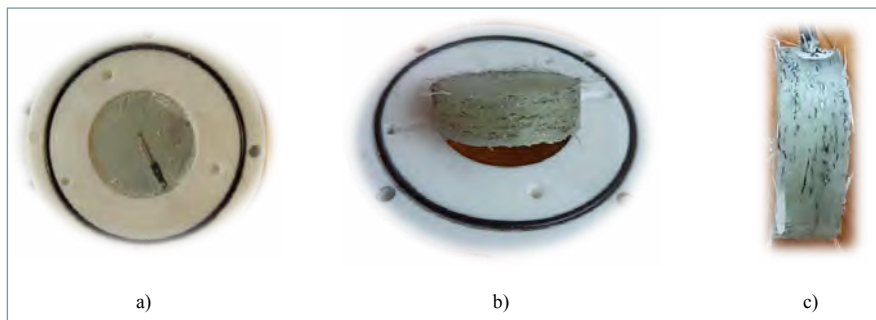


Figura 7. Imágenes de las probetas obtenidas con la resina IN2. En la figura 7a se muestra una probeta sin fibra de 6,6 mm justo después de desmoldar. En la figura 7b se muestra una probeta de 15,2 mm con resina de refuerzo. En la figura 7c se muestra una vista lateral de una probeta de 15,2 mm con resina de refuerzo.

de homopolimerización de grupos epoxi [26-31]. El valor de T_{gint} se encuentra por debajo de la temperatura ambiente, mientras que el de $T_{g\infty}$ es superior al de la resina IN2. Por tanto, el material tiene potencialmente mejores prestaciones desde un punto de vista térmico-mecánico. El alto valor de $\Delta c_{Pint}/\Delta c_{P0}$, muy cercano a 1, indica que el material no presenta entrecruzamiento o en un grado muy bajo [3], mientras que el valor más bajo de $\Delta c_{P\infty}/\Delta c_{Pint}$ refleja que el entrecruzamiento tiene lugar mayoritariamente en esta etapa, con una importante reducción de movilidad debido a la densidad de entrecruzamiento producida por la red de homopolímero epoxi. Para la relación tiol-epoxi $r = 0,45$ la gelificación tendrá lugar hacia el final de la primera etapa [29], validando las anteriores observaciones.

| Propiedad | Valor |
|--------------------------------------|-------|
| Δh_1 (kJ/kg) | 246,6 |
| Δh_2 (kJ/kg) | 209,4 |
| T_{g0} (°C) | -29,1 |
| T_{gint} (°C) | 14,0 |
| $T_{g\infty}$ (°C) | 91,3 |
| $\Delta c_{Pint}/\Delta c_{P0}$ | 0,915 |
| $\Delta c_{P\infty}/\Delta c_{Pint}$ | 0,363 |

Tabla 4. Resultados del análisis calorimétrico de la resina EBL70/S4

Los parámetros correspondientes al modelo cinético del primer y segundo proceso de curado de la formulación EBL70/S4 se muestran en las tablas 5 y 6, respectivamente. La figura 8 ilustra la calidad del ajuste de

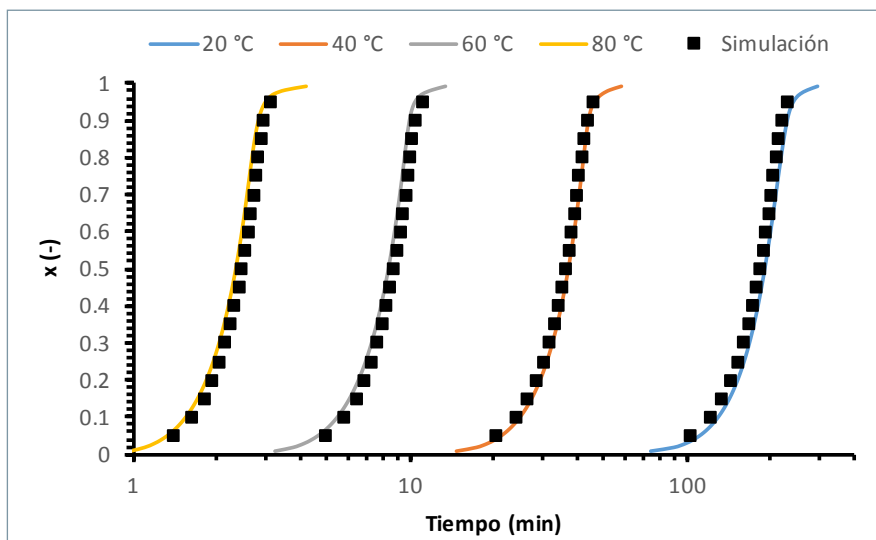


Figura 8. Comparación de datos experimentales y simulados del primer proceso de curado de la resina EBL70/S4 a distintas temperaturas, utilizando el modelo cinético descrito en este trabajo y los parámetros mostrados en la tabla 5.

| $\Delta h=246.600 \text{ J/kg}$ | | | | |
|---------------------------------|---|---------|---------|---------|
| $x < x_{ind}$ | $E_{ind} \text{ (kJ/mol)}$ | 61,73 | | |
| | $\ln[g(x_{ind})/k_{0,ind}] \text{ (1/min)}$ | -21,01 | | |
| $x \geq x_{ind}$ | | $i = 1$ | $i = 2$ | $i = 3$ |
| | $E_i \text{ (kJ/mol)}$ | 61,9 | 61,3 | 61,1 |
| | $\ln k_{0,i} \text{ (1/s)}$ | 17,48 | 22,47 | 19,02 |
| | n_i | 1.602 | 2.506 | 1.625 |
| | m_i | 0,734 | 11.408 | 3.018 |

Tabla 5. Parámetros cinéticos del primer proceso de la formulación EBL70/S40

| $\Delta h=209.400 \text{ J/kg}$ | | | | |
|---------------------------------|---|---------|---------|---------|
| $x < x_{ind}$ | $E_{ind} \text{ (kJ/mol)}$ | 61,73 | | |
| | $\ln[g(x_{ind})/k_{0,ind}] \text{ (1/min)}$ | -21,01 | | |
| $x \geq x_{ind}$ | | $i = 1$ | $i = 2$ | $i = 3$ |
| | $E_i \text{ (kJ/mol)}$ | 77,51 | 40,65 | 43,12 |
| | $\ln k_{0,i} \text{ (1/s)}$ | 18,28 | 14,01 | 8,28 |
| | n_i | 3.462 | 9.636 | 1.573 |
| | m_i | 0,215 | 4.299 | 1.550 |

Tabla 6. Parámetros cinéticos del segundo proceso de la formulación EBL70/S40.

la simulación con los parámetros de la tabla 5 a los datos cinéticos experimentales del primer proceso. También cabe destacar el comportamiento cinético del primer proceso, con un inicio muy lento, pero un comportamiento fuertemente autocatalítico que hace que el proceso sea completo en muy poco tiempo. A modo de comparación, este primer proceso tarda menos de 4 minutos en completarse a 80 °C, mientras que el curado de la resina IN2 necesita más de 3 horas a la misma temperatura. Este comportamiento hace que exista el riesgo de un disparo térmico importante [3], lo que podría llegar a activar el segundo proceso de curado si las condiciones de procesado no son adecuadas, invalidando, en consecuencia, el control secuencial del proceso.

Se hicieron simulaciones preliminares del proceso de curado en el molde de 6,6 mm con el fin de establecer condiciones seguras de procesado para garantizar que no se produjera un excesivo disparo térmico durante la primera reacción de curado, y se estableció un programa de curado en dos etapas, a 40 y 80 °C, con una velocidad de calentamiento de 1 °C/min.

Se realizó el experimento y se rehizo la simulación teniendo en cuenta el tiempo de preparación e infusión de la muestra. Los resultados se muestran en las figuras 9 y 10.

La figura 9 muestra la primera parte del proceso de curado a 40 °C, en el que se puede ver como tiene lugar un brusco, pero controlado disparo térmico correspondiente al calor liberado por la primera reacción que tiene lugar en la formulación EBL70/S4, la reacción tiol-epoxi. Como se puede ver, hay una diferencia entre el disparo térmico registrado en el interior de la muestra y el determinado mediante la simulación. Sin embargo, se repitió el experimento, pero únicamente la primera parte, y se obtuvo un resultado muy similar a la simulación, por lo que el resultado mostrado en la figura pudo ser debido a algún error de medida o posicionamiento de la sonda empleada. Donde sí se aprecia una buena correspondencia entre la simulación y el experimento es en la lectura de las sondas de las placas superior e inferior (véase inserción en el gráfico superior), que experimentan un calentamiento de unos 5 °C por encima de la temperatura de programa debido al

calor liberado de manera tan brusca por la primera reacción. La coincidencia entre el perfil de temperatura simulado y el experimental confirma que la reacción tuvo lugar de la manera determinada por la simulación. El gráfico inferior muestra la evolución del grado de conversión en las capas en contacto con las placas superior e inferior, y en el centro de la muestra. La autoaceleración observada en la zona central es consecuencia del disparo térmico en el interior debido a la acumulación de calor. Gracias a que la temperatura alcanzada no es excesiva, el segundo proceso reactivo no llega a activarse y la conversión alcanzada es uniforme en todo el componente y no supera en ningún caso la conversión de 0,45 correspondiente al final de la primera reacción, con una alta estabilidad antes del inicio del segundo calentamiento. Este es un beneficio importante de la resina dual en comparación con la resina convencional, ya que el control cinético de los procesos reactivos atenúa el efecto de posibles disparos térmicos, permitiendo obtener propiedades intermedias controladas y uniformes y facilitando el posterior control de la reacción [18], aunque en este caso el dispositivo experimental presente limitaciones importantes en cuanto a velocidad de calentamiento. La Figura 10 muestra la continuación del proceso de curado, el segundo calentamiento y la residencia a 80 °C. Se puede observar como se activa la segunda reacción, la homopolimerización del exceso de grupos epoxi sin reaccionar, llegándose a producir un pequeño disparo térmico después de la rampa de calentamiento debido al calor liberado pero de mucha menor intensidad debido a que el segundo proceso es mucho más lento en comparación [3-4]. Se observa también como la simulación predice correctamente el comportamiento experimental, de manera similar a todos los casos anteriores.

Estos resultados son de gran valor ya que prueban que es posible predecir de manera fiable el procesado por etapas de un sistema de curado dual secuencial, y por tanto controlar el grado de avance de la reacción y su comportamiento térmico bajo condiciones seguras establecidas a priori mediante simulación. Estos resultados complementan por tanto el traba-

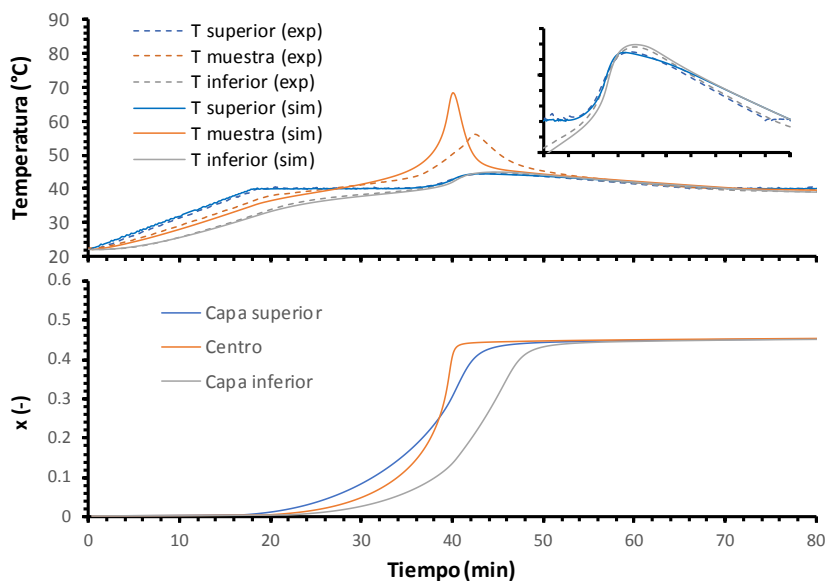
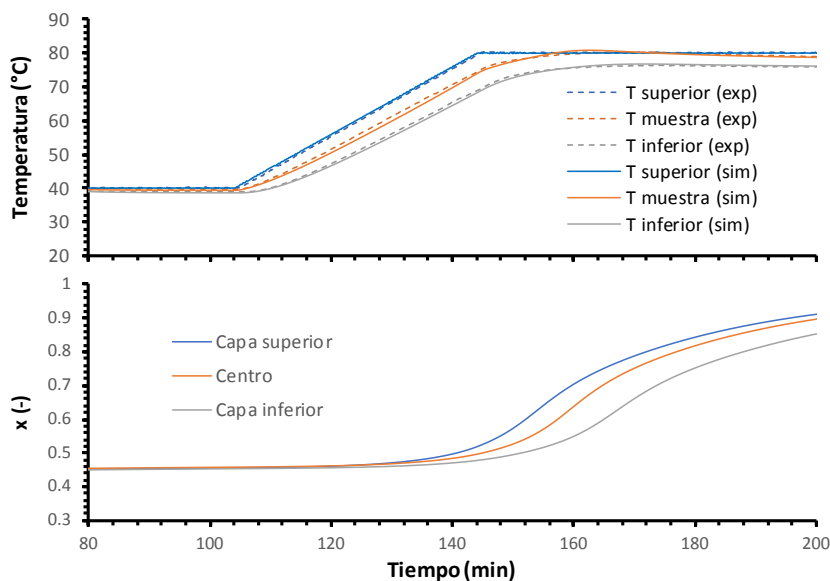


Figura 1. Comparación de los perfiles de temperatura experimentales y simulados en el molde de 6.6 mm con la resina EBL70/S4 sin fibra (gráfico superior) y evolución del grado de conversión calculado mediante simulación (gráfico inferior), correspondientes al primer proceso de curado.



Perfiles de conversión obtenidos en la simulación del molde de 15.2 mm sin fibra, en el eje de simetría del molde ($r = 0$), en las superficies en contacto con las placas de aluminio superior e inferior y en la mitad de la muestra.

jo teórico publicado anteriormente [3] y confirman la validez del concepto de liberación de calor secuencial (*sequential heat release, SHR*) con aplicación en el procesamiento de materiales compuestos. Además, se ha probado que el dispositivo experimental es suficientemente sensible para detectar sucesos exotérmicos tanto en el interior de la muestra como en las placas en contacto, lo que puede ser aprovechado para diseñar procesos de curado por etapas con un control

más fiable, teniendo en cuenta que la incertidumbre experimental asociada a la preparación de la muestra puede producir variaciones en la respuesta que pueden ser monitorizadas en línea y pueden utilizarse para reajustar los parámetros de procesamiento a medida que tiene lugar.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la validación experimental de un dispositivo instrumentado para la monito-

rización de procesos de curado por etapas. Se han analizado dos resinas termoestables, una resina epoxi-amina bicomponente convencional y un sistema de curado dual secuencial basado en química tiol-epoxi. Se ha estudiado el efecto del grosor de muestra y la presencia de refuerzo de fibra de vidrio. Los resultados experimentales han sido comparados con los obtenidos mediante simulación de un modelo simplificado del molde basado en coordenadas cilíndricas, empleando propiedades termofísicas constantes características de cada componente del molde e información termocinética detallada del proceso de curado.

Se ha podido comprobar que el presente dispositivo experimental es sensible a sucesos térmicos de distinta intensidad y duración, lo que permite obtener respuestas diferenciadas en función del grosor de la muestra, la exotermicidad y la cinética de la reacción, y la presencia de cargas que faciliten la disipación del calor generado. Para ello, se puede utilizar no solamente datos obtenidos en sondas de temperatura ubicadas en el interior de la muestra, sino también en las placas del molde, lo que permite una sencilla monitorización y control en línea del proceso de curado.

Se ha definido un modelo de simulación basado en una geometría simplificada del molde que ha permitido reproducir de manera fiable los procesos de curado bajo distintas condiciones. A pesar de algunas de las simplificaciones inherentes en el modelo utilizado y en las propiedades termofísicas de la resina y el material compuesto, el modelo de simulación permite el establecimiento, *a priori*, de condiciones seguras de procesamiento u optimizadas para obtener perfiles de curado controlados.

El análisis de la resina de curado dual secuencial ha permitido validar experimentalmente el concepto de liberación secuencial de calor (SHR) como posible metodología para la mejora del procesamiento de materiales compuestos. Se ha comprobado que es posible establecer condiciones seguras para la obtención de materiales intermedios estables y con propiedades uniformes, gracias al control cinético de la secuencia de curado. Se espera poder evaluar próximamente el

efecto de distintos tipos de refuerzo, el grosor de la muestra y el efecto del calentamiento por las placas superior e inferior del molde en estos sistemas, con el fin de aproximarse a condiciones de procesamiento más realistas y analizar en un futuro las propiedades de materiales compuestos basados en sistemas de curado dual.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder) (MAT2017-82849-C2-1-R y MAT2017-82849-C2-2-R) y a la Generalitat de Catalunya (2017-SGR-77 y el programa Serra Hünter) el apoyo económico.

Referencias

- [1] Ruiz E., Trochu F., "Multi-criteria thermal optimization in liquid composite molding to reduce processing stresses and cycle time", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 37, 913-24 (2006).
- [2] Nair D.P., Cramer N.B., McBride M.K., Gaipa J.C., Shandas R., Bowman C.N., "Enhanced two-stage reactive polymer network forming systems", *Polymer* 53, 2429-34 (2012).
- [3] Romero M., Fernández-Francos X., Ramis X., "Sequential heat release: an innovative approach for the control of curing profiles during composite processing based on dual-curing systems", *Polymer International* 68, 527-45 (2019).
- [4] Fernández-Francos X., Konuray A.O., Belmonte A., De la Flor S., Serra À., Ramis X., "Sequential curing of off-stoichiometric thiol-epoxy thermosets with custom-tailored structure", *Polymer Chemistry* 7, 2280-90 (2016).
- [5] Struzziero G., Skordos A.A., "Multi-objective optimisation of the cure of thick components", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 93, 126-36 (2017).
- [6] Ruiz E., Trochu F., "Numerical analysis of cure temperature and internal stresses in thin and thick RTM parts", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 36, 806-26 (2005).
- [7] Ramis X., Fernández-Francos X., De la Flor S., Ferrando F., Serra A., *Click-based dual-curing thermosets and their applications.* (2018).
- [8] Studer J., Dransfeld C., Masania K., "An analytical model for B-stage joining and co-curing of carbon fibre epoxy composites", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 87, 282-9 (2016).
- [9] Fabregat-Sanjuan A., Fernández-Francos X., Ferrando F., *Diseño e instrumentación de un molde para el análisis del curado dual en resinas epoxi.* publicaciones@uis.edu.co, Bucaramanga, Colombia, (2019).
- [10] Easy Composites, "https://www.easycomposites.co.uk": <https://www.easycomposites.co.uk/#/resin-gel-silicone-adhesive/epoxy-resin/epoxy-infusion-resin.html>.
- [11] Ferroca, "https://www.feroca.com/es/": <https://www.feroca.com/es/fibras-de-vidrio-y-tejidos-de-refuerzo/179-fibra-de-vidrio-mat-de-refuerzo-600-grm.html>.
- [12] *Recommended reference materials for the realization of physicochemical properties.* Blackwell Scientific Publications, (1985).
- [13] Hutchinson J.M., Román F., Cortés P., Calventus Y., "Epoxy composites filled with boron nitride and aluminum nitride for improved thermal conductivity", 4-8 (2017).
- [14] Venditti R.A., Gillham J.K., "Relationship between the glass transition temperature (T_g) and fractional conversion for thermosetting systems", *Journal of Applied Polymer Science* 64, 3-14 (1997).
- [15] Konuray O., Salla J.M., Morancho J.M., Fernández-Francos X., García-Alvarez M., Ramis X., "Time-temperature-transformation (TTT) diagram of dual-curable epoxy thermosets obtained via two sequential epoxy-amine condensations", *Thermochimica Acta* 678, 178305 (2019).
- [16] Areny N., Konuray O., Fernández-Francos X., Salla J.M., Morancho J.M., Ramis X., "Time-temperature-transformation (TTT) diagram of a dual-curable off-stoichiometric epoxy-amine system with latent reactivity", *Thermochimica Acta* 666, 124-34 (2018).
- [17] Santin D., Konuray O., Fernández-Francos X., Ramis X., "Kinetics analysis and simulation of sequential epoxy dual-curing systems with independent thermal activation", *Thermochimica Acta* 673, 158-68 (2019).
- [18] Bailleul J.L., Sobotka V., Delaunay D., Jarny Y., "Inverse algorithm for optimal processing of composite materials", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 34, 695-708 (2003).
- [19] Frulloni E., Salinas M.M., Torre L., Mariani A., Kenny J.M., "Numerical modeling and experimental study of the frontal polymerization of the diglycidyl ether of bisphenol A/diethylenetriamine epoxy system", *Journal of Applied Polymer Science* 96, 1756-66 (2005).
- [20] Wu J.-W., Sung W.-F., Chu H.-S., "Thermal conductivity of polyurethane foams", *International Journal of Heat and Mass Transfer* 42, 2211-7 (1999).
- [21] Alvarez-Lainez M., Rodríguez-Perez M.A., Saja J.A., "Thermal Conductivity of Open-Cell Polyolefin Foams", *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics* 46, 212-21 (2008).
- [22] Santiago D., Fernández-Francos X., Ramis X., Salla J.M., Sangermano M., "Comparative curing kinetics and thermal-mechanical properties of DGEBA thermosets cured with a hyperbranched poly(ethyleneimine) and an aliphatic triamine", *Thermochimica Acta* 526, 9-21 (2011).
- [23] Konuray A.O., Areny N., Morancho J.M., Fernández-Francos X., Serra À., Ramis X., "Preparation and characterization of dual-curable off-stoichiometric amine-epoxy thermosets with latent reactivity", *Polymer* 146, 42-52 (2018).
- [24] Sorrentino L., Tersigni L., "A Method for Cure Process Design of Thick Composite Components Manufactured by Closed Die Technology", *Applied Composite Materials* 19, 31-45 (2012).
- [25] Nawab Y., Tardif X., Boyard N., Sobotka V., Casari P., Jacquemin F., "Determination and modelling of the cure shrinkage of epoxy vinyl ester resin and associated composites by considering thermal gradients", *Composites Science and Technology* 73, 81-7 (2012).
- [26] Konuray A., Fernández-Francos X., Ramis X., Serra À., De la Flor S., Belmonte A., "Sequential curing of off-stoichiometric thiol-epoxy thermosets with a custom-tailored structure", *Polymer Chemistry* 7, 2280-90 (2016).
- [27] Konuray A.O., Fernández-Francos X., Ramis X., "Analysis of the reaction mechanism of the thiol-epoxy addition initiated by nucleophilic tertiary amines", *Polymer Chemistry* 8, 5934-47 (2017).
- [28] Fernández-Francos X., "Theoretical modeling of the effect of proton donors and regeneration reactions in the network build-up of epoxy thermosets using tertiary amines as initiators", *European Polymer Journal* 55, 35-47 (2014).
- [29] Belmonte A., Fernández-Francos X., Serra À., De la Flor S., "Phenomenological characterization of sequential dual-curing of off-stoichiometric thiol-epoxy systems: Towards applicability", *Materials & Design* 113, 116-27 (2017).
- [30] Guzmán D., Ramis X., Fernández-Francos X., Serra À., "New Catalysts For Diglycidyl Ether Of Bisphenol A Curing Based On Thiol-Epoxy Click Reaction", *European Polymer Journal* 59, 377-86 (2014).
- [31] Ooi S.K., Cook W.D., Simon G.P., Such C.H., "DSC studies of the curing mechanisms and kinetics of DGEBA using imidazole curing agents", *Polymer* 41, 3639-49 (2000).

Servicio de Reclutamiento y Selección de Ingenieros

El ingeniero que buscas está aquí

¿POR QUÉ ELEGIRNOS?



Más información:

www.proempleoingenieros.es

cogiti@cogiti.es

91 554 18 06

Metodología de selección
de probada eficacia

Sello de profesionalidad de la
colegiación y la Acreditación DPC

Expertise en la ingeniería de
la rama industrial

Garantía de calidad respaldada
por COGITI



COGITI

Consejo General de Colegios Oficiales
de Graduados e Ingenieros Técnicos
Industriales de España



proempleo
ingenieros.es

Desarrollo de un método multibloque para la generación automatizada de mallas tridimensionales de engranajes

Development of a multiblock method for the automated generation of three-dimensional meshes of gears

Víctor Roda-Casanova¹, Francisco Sánchez-Marín¹, Javier Andrés de la Esperanza¹

Resumen

En este trabajo se presenta un nuevo método para la generación automatizada de mallas tridimensionales de engranajes. Para ello, se siguen los pasos característicos de un método de mallado multibloque para generar una malla de cuadriláteros sobre una sección plana del engranaje, que posteriormente se extruye a lo largo de su ancho de cara para obtener una malla tridimensional de hexaedros. El método de mallado propuesto persigue el objetivo de superar las limitaciones observadas en los métodos tradicionales de mallado de engranajes, lo que permite el refinamiento localizado de la malla y minimiza la distorsión de los elementos. Su funcionamiento se ilustra con ejemplos numéricos que demuestran su capacidad para mallar geometrías de engranaje bajo distintas condiciones de mallado.

Palabras clave

Transmisiones de engranajes, análisis por el método de los elementos finitos, generación de malla

Abstract

A new method for the automated generation of three-dimensional meshes of gears is presented in this work. To do this, the characteristic steps of a multiblock meshing method are followed to generate a quadrilateral mesh on a flat section of the gear, which is, subsequently, extruded along its face width to obtain a three-dimensional mesh of hexahedrons. The proposed meshing method pursues the goal of overcoming the limitations observed in traditional gear meshing methods, allowing localized mesh refinement and minimizing element distortion. Its functioning is illustrated with numerical examples that demonstrate its ability to mesh gear geometries under different meshing conditions.

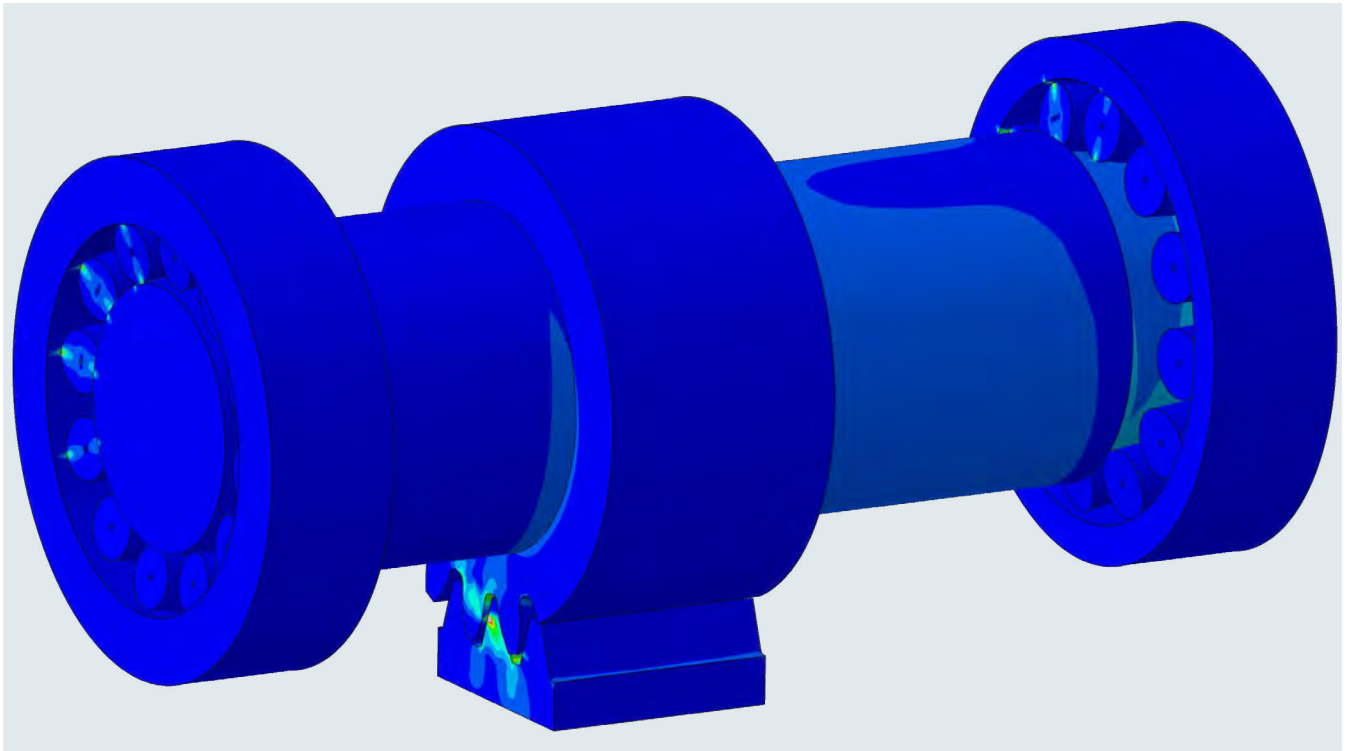
Keywords

Gear drives, finite element analysis, mesh generation

Recibido / received: 16/06/2021. Aceptado / accepted: 28/10/2021.

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I.

Autor para correspondencia: Víctor Roda-Casanova; e-mail: vroda@uji.es.



Introducción

El análisis por el método de los elementos finitos desempeña un papel importante durante las fases de desarrollo de transmisiones de engranajes, pues permite determinar el estado tensional de los engranajes bajo carga [1,2], investigar la formación del contacto entre dientes [3-5] y predecir el campo de temperatura de los engranajes en condiciones de servicio [6,7], entre otras cosas. La realización de un análisis por el método de los elementos finitos requiere del desarrollo de un modelo de elementos finitos de la transmisión, que se consigue mediante tres tareas [8]: (1) generación de la malla de elementos finitos de las geometrías de engranajes, (2) definición de las geometrías de contacto y (3) establecimiento de las condiciones de contorno y de carga de la transmisión.

En el primera de estas tareas se genera la malla de elementos finitos de la transmisión. Esta tarea se puede dividir en dos pasos secuenciales: en primer lugar, se obtiene una definición computacional de las geometrías de los engranajes y, en el segundo paso, estas geometrías de engranaje se discretizan en elementos finitos para obtener la malla de la transmisión.

La manera en la que se realizan estos pasos ha dado lugar a distintos métodos de generación de mallas de elementos finitos de una transmisión de engranajes. Algunos de estos métodos [7,9,10] se basan en la utilización de programas de diseño asistido por ordenador (CAD) para generar las geometrías de los engranajes que, posteriormente, se importan a programas comerciales de análisis por el método de los elementos finitos, donde se discretizan en elementos finitos utilizando los métodos de mallado implementados en el programa. En otros métodos [3,5,11], las geometrías de los engranajes se generan directamente dentro de los programas de análisis por el método de los elementos finitos, implementando algoritmos que permiten obtener una definición matemática de las superficies de los engranajes.

Los métodos descritos anteriormente tienen ciertas desventajas, como el bajo nivel de precisión con el que se definen las geometrías de los engranajes, dependencia de programas de terceros, dificultades a nivel de usuario, etc. Por ese motivo, como explica Hotait [1], resulta mucho más interesante desarrollar programas propios dedicados a la generación de modelos

de elementos finitos de transmisiones de engranajes.

Estos programas requieren del desarrollo de métodos de mallado que permitan discretizar las geometrías de los engranajes en elementos finitos. Entre los métodos desarrollados para ese propósito, el más destacable es el propuesto por Argyris [12], puesto que ha sido extensamente utilizado por la comunidad científica [4,6,13-16]. Este método de mallado representa una manera rápida y sencilla de discretizar una geometría de engranaje en elementos finitos, pero tiene algunas limitaciones importantes.

Por una parte, el método propuesto por Argyris tiende a generar elementos distorsionados en algunas partes de la geometría del engranaje que pueden comprometer la precisión de los resultados del análisis [17]. Por otra parte, este método de mallado no permite la realización de refinamiento local de la malla, puesto que genera mallas simétricas en la parte conductora y conducida del diente [18]. Sin embargo, la capacidad de realizar refinamiento localizado de la malla es una característica importante de los métodos de mallado, ya que permite optimizar el número de nodos y de

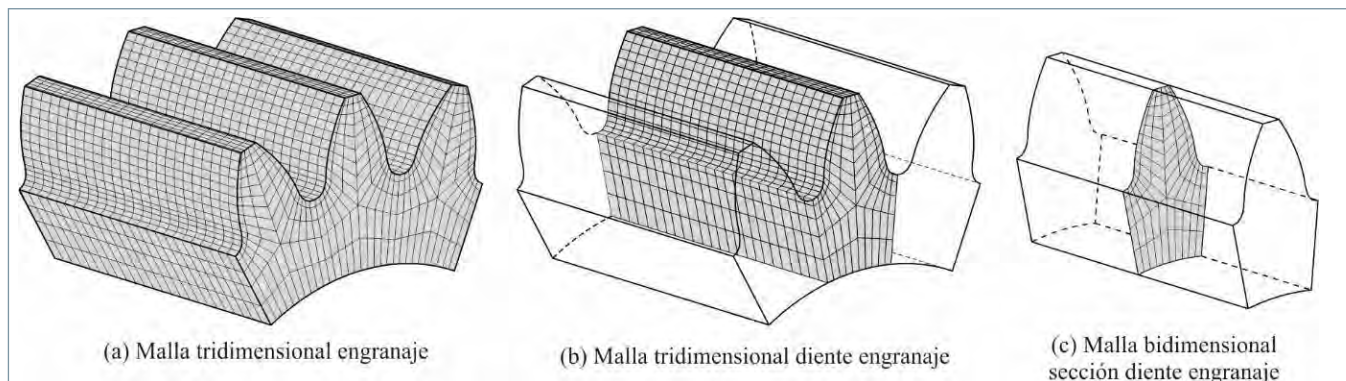


Figura 1. Generación de una malla de elementos finitos hexaédricos de un engranaje.

elementos en la malla y reducir el coste computacional asociado al modelo.

En los últimos años ha habido intentos de implementar refinamiento local de la malla en los métodos de mallado de engranajes [19,20], y los más relevantes son los propuestos por González-Pérez [18,21]. En estos trabajos, González-Pérez ha mejorado el método propuesto por Argyris habilitando la posibilidad de realizar refinamiento localizado de la malla en la zona en la que se produce el contacto entre dientes. Para ello, se generan mallas independientes en las zonas refinadas, que se conectan a las mallas bastas utilizando restricciones multipunto (MPC). Sin embargo, la utilización de restricciones multipunto para unir mallas no conformes tiende a ser compleja desde un punto de desarrollo del modelo de elementos finitos [22] y puede introducir errores numéricos en las interfaces entre zona basta y zona refinada [23]. Además, los métodos de mallado propuestos por González-Pérez no evitan la generación de elementos distorsionados fuera de las áreas refinadas.

A pesar de los avances hechos en el ámbito del análisis por el método de los elementos finitos de transmisiones de engranajes, los métodos de mallado existentes todavía tienen algunas carencias que es necesario resolver. Por tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar un nuevo método de mallado para generar mallas tridimensionales estructuradas de dientes de engranaje que, al ser rápido y fácil de implementar, permita realizar refinamiento localizado de la malla y minimice la aparición de elementos distorsionados en la malla.

Definición del problema de mallado

En este trabajo se trata el problema de la generación de una malla de elementos finitos hexaédricos sobre una geometría de engranaje, como la mostrada en la figura 1a. En general, dicha malla se puede construir mediante un patrón circular de una malla de elementos hexaédricos de uno de los dientes del engranaje (Fig. 1b). Al mismo tiempo, una malla de elementos hexaédricos de un diente del engranaje se puede obtener mediante un barrido, a lo largo de su ancho de cara, de una malla de elementos cuadriláteros extendida sobre la sección transversal del mismo (Fig. 1c). Por este motivo, se puede decir que el problema de generar una malla de elementos hexaédricos de un engranaje se puede reducir al problema de generar una malla de elementos cuadriláteros sobre la sección transversal de uno de sus dientes.

A partir de estas premisas, este trabajo sigue la estructura siguiente: en el apartado 3 se describe un método multibloque para generar mallas de cuadriláteros sobre secciones planas de engranajes [24]; más adelante, se describe, en primer lugar, la construcción de una malla de hexahedros de un diente de engranaje y, en segundo lugar, la generación de la malla para la geometría del engranaje.

Modelo multibloque para el mallado de secciones planas de engranajes

La figura 2 muestra una sección típica de un diente de engranaje. Este diente está definido respecto a un sistema de coordenadas local cuyo origen de coordenadas O_L está en el centro de la sección del engranaje, y su eje Z_L es

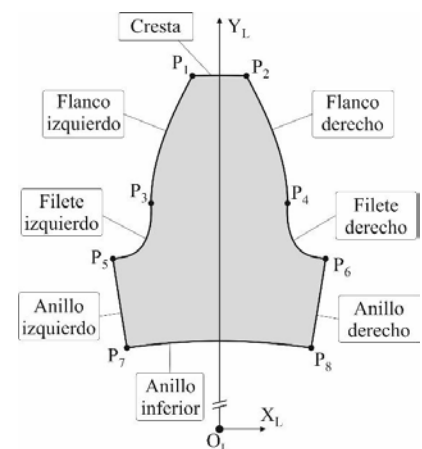


Figura 2. Definición de la sección de un diente de engranaje.

normal al plano de la sección. El eje Y_L del sistema de referencia local está dispuesto de manera que el diente queda vertical y centrado sobre este eje.

La sección del diente está definida por ocho curvas paramétricas que se pueden determinar analíticamente utilizando las ecuaciones del perfil del diente y de las correspondientes porciones del anillo [8]. Los puntos de intersección entre dos curvas de contorno se denotan por P_i $\{i=1,2,\dots,8\}$.

La generación de una malla de elementos cuadriláteros sobre la sección del diente es un problema difícil de resolver, debido a que es un dominio no convexo con un contorno complejo. En casos como este, se recomienda el uso de técnicas de mallado multibloque [25-27]; se pueden resumir en los pasos siguientes:

- Paso 1. La sección del diente se descompone en un conjunto de geometrías simples, llamadas parches, de manera que la geometría de cada

parche es apta para el esquema de mallado que se aplicará. La descomposición propuesta se describe más adelante.

- Paso 2. Se especifican $n_i + 1$ semillas de mallado sobre cada una de las curvas de los parches. Estas semillas representan la posición que los nodos de la malla resultante ocuparán sobre ellas. Este paso se discute en profundidad más adelante.
- Paso 3. Cada parche se malla, de manera independiente, utilizando un esquema de mallado local. En este trabajo, se propone la utilización del esquema de mallado propuesto por Miranda [28], que se basa en la interpolación transfinita [29] y se describe más adelante.

Cuando se han completado estos pasos, las mallas individuales obtenidas para cada parche se combinan para obtener la malla final. Habitualmente, este tipo de métodos de mallado da lugar a elementos distorsionados y, por ese motivo, se suelen completar con técnicas de optimización de la malla. En este trabajo, se sugiere la utilización de un método de suavizado de la malla, que se describe el apartado *Suavizado de malla*.

Descomposición de la sección del diente de engranaje

La descomposición propuesta para el diente de engranaje se muestra en la figura 3a. Esta descomposición está basada en la determinación de siete puntos auxiliares que se denotan por Q_i $\{i=9,10,\dots,15\}$. Cuando se conoce la posición de estos puntos, se trazan líneas entre ellos y los puntos existentes P_i que permiten dividir el diente en seis parches (A, B, C, D, E y F), como se muestra en la figura 3b. Finalmente, las curvas de contorno de los parches resultantes se renombran a c_i $\{i=1,2,\dots,20\}$, como se indica en la figura 3c.

Para determinar la posición de los puntos auxiliares Q_i , se siguen los siguientes pasos:

- i. Los puntos Q_9 y Q_{10} se localizan sobre los flancos izquierdo y derecho (Fig. 1), respectivamente, de manera que dividen estas curvas en dos partes de igual longitud (Fig. 4a). Entonces, se determinan los vectores normales unitarios sobre los puntos P_3 , P_4 , Q_9 y Q_{10} (y se deno-

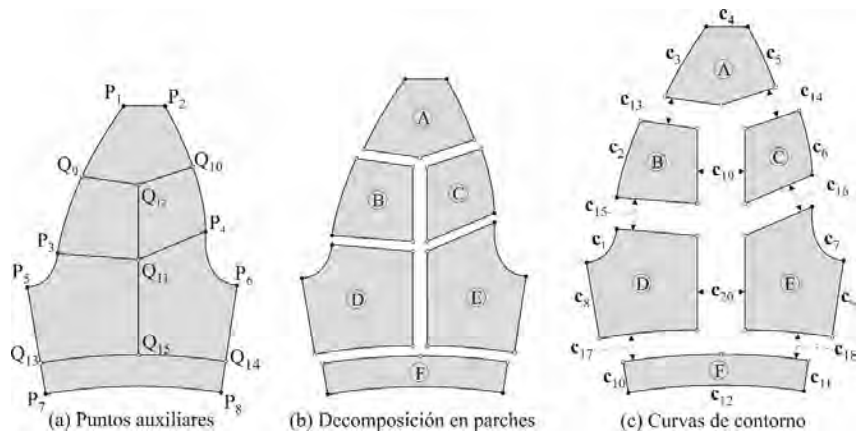


Figura 3. Descomposición de una sección plana de un diente de engranaje genérico.

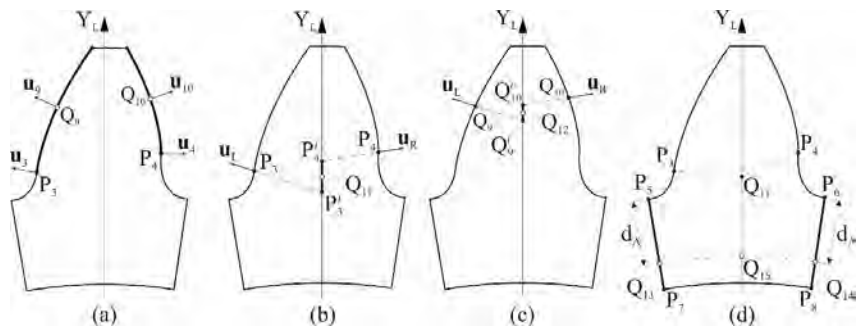


Figura 4. Determinación de los puntos auxiliares en un diente de engranaje genérico.

- tan por u_3 , u_4 , u_9 y u_{10} , respectivamente, como se indica en la figura 4a).
- ii. Se calcula el vector u_L como el biselector de los vectores u_3 y u_9 . De manera similar, se calcula el vector u_R como el biselector de los vectores u_4 y u_{10} .
- iii. Como se muestra en la figura 4b, el punto P_3 se proyecta sobre el eje Y_L siguiendo la dirección marcada por el vector u_L para encontrar el punto P'_3 , y el punto P_4 se proyecta sobre el eje Y_L siguiendo la dirección marcada por el vector u_R para encontrar el punto P'_4 . Entonces, el punto Q_{11} se ubica en el punto intermedio del segmento que conecta los puntos P'_3 y P'_4 .
- iv. De manera similar (Fig. 4c), el punto Q_9 se proyecta sobre el eje Y_L siguiendo la dirección marcada por el vector u_L para encontrar el punto Q'_9 , y el punto Q_{10} se proyecta sobre el eje Y_L siguiendo la dirección marcada por el vector u_R para encontrar el punto Q'_{10} . Entonces, el punto Q_{12} se ubica en el punto in-

- termedio del segmento que conecta los puntos Q'_9 y Q'_{10} .
- v. Se define la distancia d_A como la media de las longitudes de los segmentos P_3Q_{11} y P_4Q_{11} .
- vi. El punto Q_{13} se ubica sobre el anillo izquierdo a una distancia d_A del punto P_5 , y el punto Q_{14} se ubica sobre el anillo derecho a la misma distancia d_A del punto P_6 , como se muestra en la figura 4d.
- vii. Finalmente, el punto Q_{15} se obtiene a partir de la intersección del eje Y_L y una circunferencia centrada en O_L que pasa por los puntos Q_{13} y Q_{14} (Fig. 4d).

Para que los parches sean aptos para la aplicación de métodos de mallado basados en la interpolación transfinita, deben ser geometrías convexas, topológicamente equivalentes a un cuadrado definido por cuatro curvas de contorno. Sin embargo, como se observa en la figura 3c, los parches A, D, E y F están definidos por cinco curvas de contorno. Por tanto, será necesario reducir el número de curvas de contorno en cada parche, uniendo dos curvas

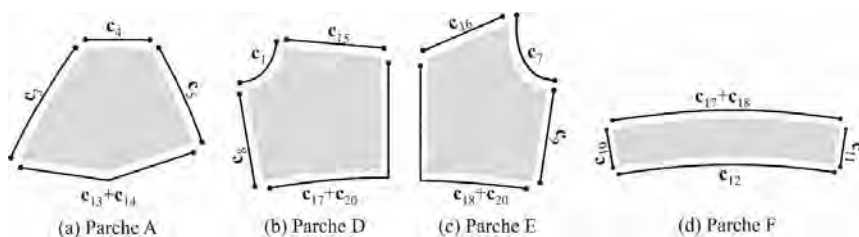


Figura 5. Combinación de las curvas de contorno en los parches A, D, E y F.

| Requisito | Parche afectado | Condición matemática |
|-----------|-----------------|--|
| R1 | A | $n_3+n_4+n_5+n_{13}+n_{14}$ debe ser número par |
| R2 | B | $(n_2+n_{13}+n_{15}+n_{19})$ debe ser número par |
| R3 | C | $(n_6+n_{14}+n_{16}+n_{19})$ debe ser número par |
| R4 | D | $(n_1+n_8+n_{15}+n_{17}+n_{20})$ debe ser número par |
| R5 | E | $(n_7+n_9+n_{16}+n_{18}+n_{20})$ debe ser número par |
| R6 | F | $(n_{10}+n_{11}+n_{12}+n_{17}+n_{18})$ debe ser número par |

Tabla 1. Requisitos de mado

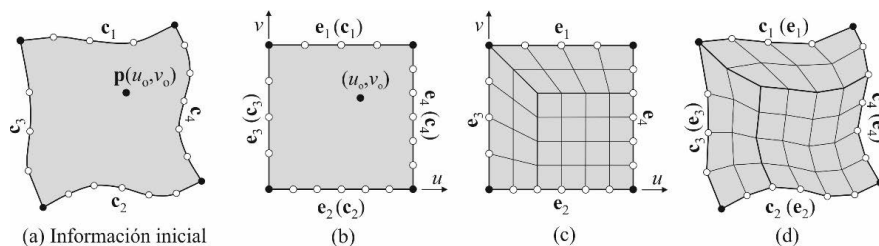


Figura 6. Mallado de parches utilizando plantillas jerárquicas.

adyacentes. La combinación de curvas propuesta se muestra en la figura 5.

Discretización de las curvas de contorno

El método de mallado propuesto se desarrolla asumiendo que se proporciona una discretización de las curvas de contorno de los parches, en términos de $n_i + 1$ semillas de mallado distribuidas a lo largo de las curvas de contorno c_i , que las dividen en n_i segmentos.

Sin embargo, antes de continuar con el proceso de mallado, es necesario comprobar que la discretización proporcionada es adecuada para el método local de malla que se aplicará sobre los parches. En general, cuando se desea mallar un parche con elementos cuadriláteros, se tiene que satisfacer que el número de total de divisiones en las curvas de contorno de un parche debe ser un número par. Considerando todos los parches en los que se ha descompuesto la sección del diente, este requisito se puede convertir en las seis condiciones matemáticas mostradas en la tabla 1.

Generación de mallas de elementos cuadriláteros sobre los parches

Una vez discretizadas las curvas de contorno de los parches, se puede proceder a su mallado. Para ilustrar este proceso, considérese un parche genérico como el mostrado en la figura 6a, que está definido por cuatro curvas paramétricas denotadas por c_i $\{i=1,2,\dots,4\}$. Sobre cada una de estas curvas, hay distribuidos $n_i + 1$ semillas de mallado, que la dividen en n_i segmentos.

El proceso de generar una malla de cuadriláteros sobre dicho parche se puede resumir en tres pasos. En el primero de ellos, el parche se representa en el espacio lógico utilizando un cuadrado de referencia (Fig. 6b), de manera que cada arista del cuadrado de referencia (que se denotan e_i $\{i=1,2,\dots,4\}$) corresponde con una de las curvas de contorno del parche. Las semillas de mallado distribuidas sobre las curvas de contorno también se representan sobre las aristas de este cuadrado de referencia.

En el siguiente paso se genera una malla de cuadriláteros sobre el cuadra-

do de referencia (Fig. 6c). A tal efecto, se utiliza el método propuesto por Miranda [28], que está basado en la descomposición recursiva del dominio utilizando plantillas jerárquicas. Para ello, se utilizan las tres plantillas mostradas en la figura 7, cuya selección y orientación dependen del número de divisiones en cada una de las aristas del cuadrado de referencia:

- La plantilla T0 se aplica cuando los aristas opuestas tienen el mismo número de divisiones (Fig. 7a). Esta plantilla genera una subregión (S_A) que se puede mallar fácilmente con una interpolación bilinear.
- La plantilla T1 se aplica cuando el número de divisiones de un par de aristas opuestas es igual, pero el número de divisiones en el otro par de aristas es distinto (Fig. 7b). Esta plantilla genera cuatro subregiones (s_A, s_B, s_C, s_D) en las que se puede aplicar la plantilla T0.
- Finalmente, la plantilla T2 se aplica cuando el número de divisiones en las aristas opuestas es distinto (Fig. 7c). La plantilla T2 genera tres subregiones (s_A, s_B, s_C). La plantilla T0 se aplica a las subregiones s_A y s_B . La subregión s_C puede corresponder a una plantilla T0 o T1, dependiendo del número de divisiones en las aristas de dicha subregión.

Una vez aplicada la descomposición recursiva, se puede aplicar la plantilla T0 a todas las subregiones resultantes, y, por tanto, se puede mallar utilizando una interpolación bilinear. Para obtener la malla final, se combinan las mallas de todas las subregiones.

En el último paso del método de mallado local, la malla se transfiere del cuadrado de referencia en el espacio lógico al parche en el espacio físico utilizando interpolación transfinita [30] (Fig. 6d).

Suavizado de la malla

Se sabe que la presencia de elementos distorsionados en la malla reduce la convergencia y la precisión de los análisis por el método de los elementos finitos [31]. Sin embargo, la mayoría de los métodos de mallado no pueden evitar la aparición de elementos distorsionados y, por este motivo, se suelen completar con técnicas de mejora de la malla. Tradicionalmente, las técnicas de mejora de la malla se clasifican en laplacianas y métodos basados en op-

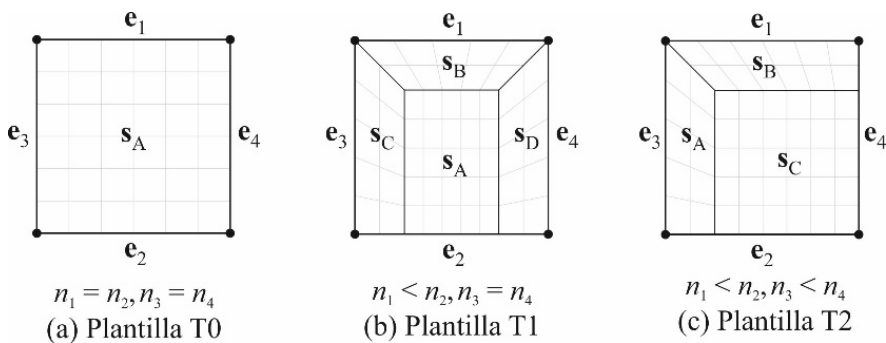


Figura 7. Plantillas utilizadas para descomponer el cuadrado de referencia y su nomenclatura.

timización. Aunque los primeros son más eficientes en términos computacionales, los segundos proporcionan mallas con menor distorsión.

En los métodos basados en optimización, la posición óptima de los nodos de la malla se determina resolviendo un problema de optimización, que puede ser local o global. En estos problemas de optimización las funciones objetivo son métricas de calidad de malla, que miden el grado de distorsión de los elementos de la malla. Hay un gran rango de métrica de calidad de malla que pueden ser utilizadas como funciones objetivo en los métodos basados en optimización. Entre ellas, la métrica propuesta por Oddy [32] ha demostrado ser particularmente efectiva para estos usos [33].

Como se ha comentado anteriormente, la optimización de la malla puede realizarse desde un punto de vista global o local. Aunque el método global [34] ha demostrado ser interesante para mallas con un número reducido de nodos, se vuelve poco apropiado para mallas con muchos nodos. Por esta razón, en este trabajo se ha optado por utilizar el método local de optimización [33].

En el método local, la posición de cada nodo interior se optimiza de manera independiente. La función objetivo es la suma de la métrica de Oddy de todos los elementos conectados al nodo cuya posición se está optimizando (es decir, depende de las variables x_L e y_L). De esta manera, y siguiendo las ideas propuestas por Knupp [33], la optimización se realiza utilizando un esquema de Newton modificado. Este proceso se realiza para cada uno de los nodos de la malla y el proceso se repite hasta que se alcanza un criterio de convergencia dado.

Generación de mallas tridimensionales de engranajes

Como se ha ejemplificado en la figura 1, la generación de la malla de hexaedros de un engranaje se realiza mediante una matriz circular de las mallas hexaédricas de dientes de engranajes. Al mismo tiempo, una malla de hexaedros de un diente de engranaje se obtiene a partir del barrido, a lo largo de su ancho de cara, de una malla de cuadriláteros de una sección transversal del diente.

Para la realización de dicho barrido, se genera un número determinado de secciones transversales a lo largo del ancho de cara del diente. Para cada una de estas secciones se genera una malla de cuadriláteros, utilizando el método descrito anteriormente. Es importante notar que todas las secciones deben ser topológicamente equivalentes y estar definidas por las curvas de contorno mostradas en la figura 2, aunque su geometría puede no ser igual.

Para asegurar que el espacio que queda entre las mallas de elementos cuadriláteros de dos secciones adyacentes se pueda rellenar con elementos hexaédricos, es importante que ambas mallas sean topológicamente equivalentes, es decir, es necesario que la disposición de los nodos y las incidencias de los elementos sean similares de manera que los elementos cuadriláteros de una sección se puedan conectar con los elementos cuadriláteros de la sección contigua. Para ello, es importante que los parches equivalentes de ambas secciones se mellen utilizando la misma plantilla de mallado, con el mismo número de divisiones en sus curvas de contorno. Cumpliendo estas directrices, la generación de la malla tridimensional de hexaedros resulta trivial.

Ejemplos numéricos

El funcionamiento del método de mallado descrito se ilustra mediante el desarrollo y análisis de un modelo de elementos finitos de una transmisión de engranajes cilíndricos rectos denominado *modelo propuesto*. La transmisión seleccionada para el ejemplo consiste en dos engranajes cilíndricos con perfil de evolvente, que están perfectamente alineados, y cuya geometría se define por los parámetros de la tabla 2.

| Parámetro | Valor |
|-------------------|--------|
| Módulo | 2 mm |
| Ángulo de presión | 20° |
| Adendo | 2 mm |
| Dedendo | 2,5 mm |
| Radio del filete | 0,5 mm |
| Número de dientes | 30 |
| Ancho de cara | 15 mm |

Tabla 2. Parámetros de la transmisión

La figura 8 muestra un modelo de elementos finitos típico de una transmisión de engranajes que está compuesto por las geometrías del engranaje conductor y el conducido, que pueden consistir en uno o distintos dientes. Sobre el anillo de los engranajes se define una arista rígida, cuyos movimientos están acoplados a los de unos nodos de referencia que coinciden con el eje de rotación de los engranajes.

Las condiciones de contorno se definen sobre estos nodos de referencia, que tienen todas las traslaciones restringidas, así como los giros en las direcciones perpendiculares al eje de rotación del engranaje. Sobre el nodo de referencia del engranaje conductor se define un par torsor $T = 120 Nm$, y la rotación del sistema se restringe definiendo un valor constante para el grado de libertad de rotación del nodo de referencia del engranaje conducido. Se considera que el material de los engranajes es elástico lineal, con un módulo de elasticidad de 210 GPa y un coeficiente de Poisson de 0,3.

El modelo de elementos finitos se analiza para dos posiciones de contacto distintas. En la primera de ellas hay un único diente en contacto, mientras que en la segunda hay dos dientes que contactan simultáneamente. La figura 9 muestra las mallas generadas para cada uno de los dos casos, observadas en el plano normal de la transmisión.

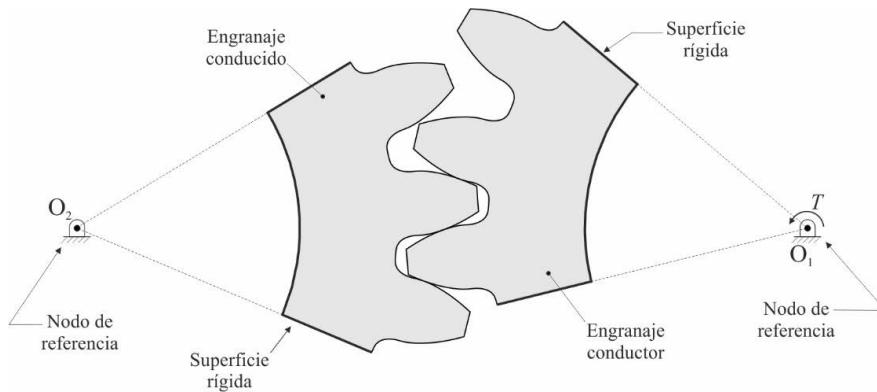


Figura 8. Modelo de elementos finitos de la transmisión.

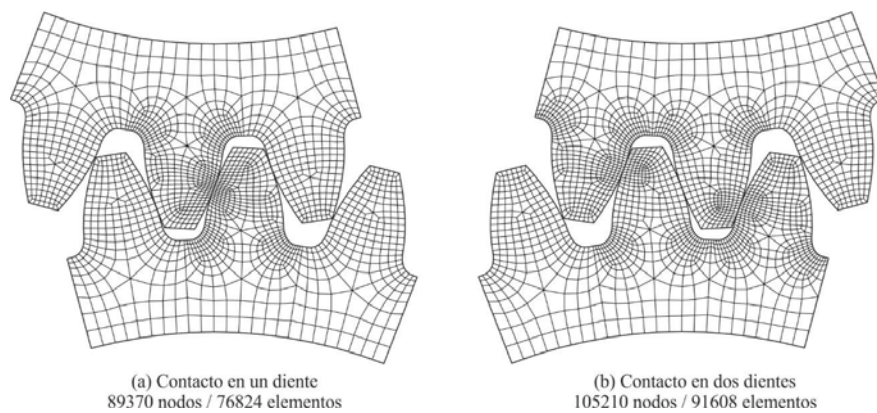


Figura 9. Mallas de los engranajes.

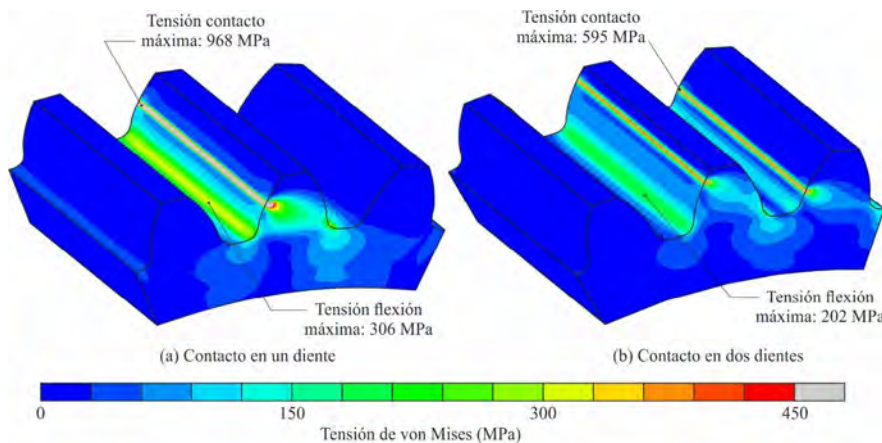


Figura 10. Distribución de tensiones de Von Mises.

Estas mallas se han generado considerando 45 secciones distribuidas uniformemente por todo el ancho de cara de los engranajes.

Como se puede observar en la figura 9, el método de mallado desarrollado permite obtener un refinamiento local de la malla en las zonas en las que se produce el contacto entre dientes, así como en los filetes de los dientes que soportan la carga. Estas zonas son

las que habitualmente están expuestas a un mayor gradiente de tensiones y, en consecuencia, las que requieren de un mallado más fino para aumentar la precisión del análisis. Además, el refinamiento en la zona en la que se produce el contacto es muy importante para describir con precisión la geometría de la superficie del engranaje.

La figura 10 muestra la distribución de tensiones de Von Mises a lo largo de

la geometría del engranaje conductor, obtenida a partir del análisis del modelo de elementos finitos utilizando ABAQUS [35]. Como era de esperar, las tensiones más elevadas se producen en las zonas cercanas al contacto entre dientes. Asimismo, también se producen tensiones elevadas en las zonas de los filetes, que son mayores en el filete que trabaja a compresión que en el filete que trabaja a tracción.

A efectos de comparación, se ha desarrollado otro modelo de elementos finitos, denominado *modelo de comparación*, en el que el mallado de las geometrías de los engranajes se ha realizado utilizando la metodología propuesta por Argyris [12]. El modelo se estudia en la posición en la que el contacto se produce entre una única pareja de dientes y la malla de elementos finitos obtenida, como se muestra en la figura 11a. En este caso, se ha intentado que el tamaño del modelo, en términos del número de nodos y número de elementos, sea similar al modelo mostrado en la figura 9a. De esta manera, la comparación entre ambos modelos se puede establecer en términos de precisión de sus resultados, puesto que el coste computacional será similar en ambos casos.

La Figura 11b muestra la distribución de tensiones de Von Mises determinada a partir del análisis del *modelo de comparación* mediante ABAQUS. Como se puede observar, los valores máximos de tensión de Von Mises siguen apareciendo en la zona en la que se produce el contacto entre dientes, pero en este caso su valor es un 13% inferior al *modelo propuesto*. Las tensiones de flexión también presentan un valor máximo que es ligeramente inferior al obtenido en el *modelo propuesto*.

Finalmente, la figura 12 muestra la distribución de presiones de contacto obtenida a partir de los dos modelos. Asimismo, también se muestra la distribución de presiones de contacto obtenida analíticamente a partir de la teoría de contacto de Hertz [36]. Como se puede observar, la distribución de presiones de contacto obtenida a partir del *modelo propuesto* se aproxima en mayor medida a la distribución teórica que la obtenida a partir del *modelo de comparación*.

Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado un nuevo método para la generación automatizada de mallas tridimensionales

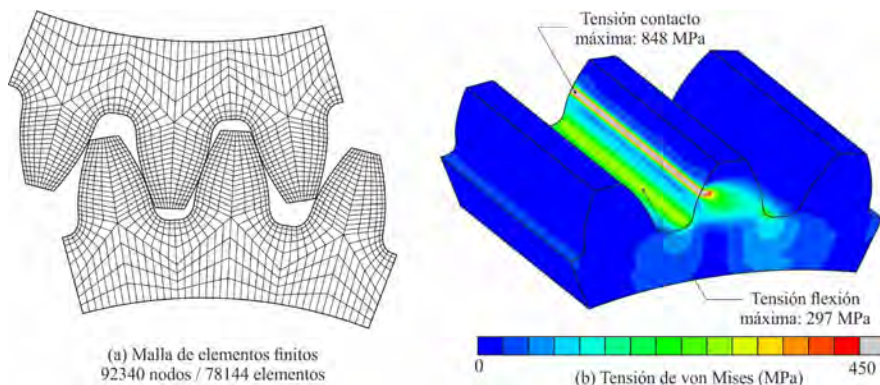


Figura 11. Modelo de comparación.

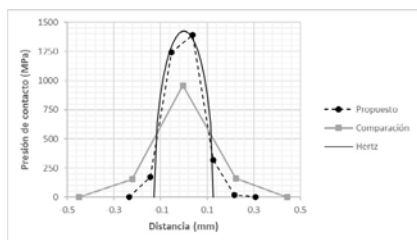


Figura 13. Modelo de comparación.

de engranajes. El método propuesto se basa en la utilización de un método multibloque para generar una malla de cuadriláteros sobre una sección plana del engranaje que, posteriormente, se extruye por todo su ancho de cara para generar una malla tridimensional de hexaedros.

El funcionamiento del método propuesto se ha ilustrado con ejemplos numéricos que demuestran su capacidad para generar mallas con refinamiento local y reducido nivel de distorsión. La comparación con otros métodos de mallado existentes muestra la capacidad del método propuesto para optimizar la posición de los nodos de la malla de cara a maximizar la precisión de los resultados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universitat Jaume I el apoyo económico del proyecto UJI-A2019-24.

Referencias

[1] Hotait M. A., Kahraman A., Nishino T. "An investigation of root stresses of hypoid gears with misalignments", *J. Mech. Des. Trans. ASME* 133, (2011).

[2] Hasl C., Liu H., Oster P., Tobie T., Stahl, Forschungsstelle fuer Zahnraeder und Getriebebau (Gear Research Centre). "Method for calculating the tooth root stress of plastic

spur gears meshing with steel gears under consideration of deflection-induced load sharing", *Mech. Mach. Theory* 111, 152-163 (2017).

[3] Mao K. "Gear tooth contact analysis and its application in the reduction of fatigue wear", *Wear* 11, 1281-1288 (2007).

[4] Gonzalez-Perez I., Sanchez-Marin F., Roda-Casanova V., Fuentes A., Iserte J. L. "A Finite Element Model for Consideration of the Torsional Effect on the Bearing Contact of Gear Drives", *J. Mech. Des.* 134 (2012).

[5] Patil S. S., Karuppanan S., Atanasovska I., Wahab A.A. "Contact stress analysis of helical gear pairs, including frictional coefficients", *Int. J. Mech. Sci.* 85, 205-211 (2014).

[6] Roda-Casanova V., Sanchez-Marin F. "A 2D finite element based approach to predict the temperature field in polymer spur gear transmissions", *Mech. Mach. Theory* 133, 195-210 (2019).

[7] Fernandes C.M.C.G., Rocha D.M.P., Martins R.C., Magalhães L., Seabra J.H.O. "Finite element method model to predict bulk and flash temperatures on polymer gears", *Tribol. Int.* 120, 255-268 (2018)

[8] Litvin F. L., Fuentes A. *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press (2004).

[9] Barone S., Borgianni L., Forte P. "Evaluation of the effect of misalignment and profile modification in face gear drive by a finite element meshing simulation", *J. Mech. Des. Trans. ASME* 126, 916-924 (2004).

[10] Ding H., Wan Z., Zhou Y., Tang J. "A data-driven programming of the human-computer interactions for modeling a collaborative manufacturing system of hypoid gears by considering both geometric and physical performances", *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 51, 121-138 (2018).

[11] Karpát F., Ekwaro-Osire S., Cavdar K., Babalik F.C. "Dynamic analysis of involute spur gears with asymmetric teeth", *Int. J. Mech. Sci.* 50, 1598-1610 (2008).

[12] Argyris J., Fuentes A., Litvin F.L. "Computerized integrated approach for design and stress analysis of spiral bevel gears", *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 191, 1057-1095 (2002).

[13] Iñurritegui Marroquin A., Arana A., Hernández Jiménez M., Elizegi J., Ulacia I., Larranaga J. "2D modeling of cylindrical gears by the finite element method", *Actas del XXII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, Madrid (2018).

[14] Pedrero J.I., Pleguezuelos M., Artés M., Antona J.A. "Load distribution model along the line of contact for involute external gears", *Mech. Mach. Theory* 45, 780-794 (2010).

[15] Zanzi C., Pedrero J. I. "Application of modified geometry of face gear drive", *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 195, 3047-3066 (2005).

[16] Cappellini N., Tamarozzi T., Blockmans B., Fiszler J., Cosco F., Desmet W. "Semi-analytic contact technique in a non-linear parametric model order reduction method for gear simulations", *Meccanica*, (2018).

[17] Knupp P. M. "Remarks on Mesh Quality", *45th AIAA Aerosp. Sci. Meet. Exhib.*, 2-5 (2007).

[18] Gonzalez-Perez I., Fuentes-Aznar A. "Implementation of a finite element model for stress analysis of gear drives based on multi-point constraints", *Mech. Mach. Theory* 117, 35-47 (2017).

[19] Barbieri M., Zippo A., Pellicano F. "Adaptive grid-size finite element modeling of helical gear pairs", *Mech. Mach. Theory* 82, 17-32 (2014).

[20] Liu Y., Zhao Y., Liu M., Sun X. "Parameterized High-Precision Finite Element Modelling Method of 3D Helical Gears with Contact Zone Refinement", *Shock Vib.* 2019, 1-17 (2019).

[21] Gonzalez-Perez I., Fuentes-Aznar A. "Implementation of a Finite Element Model for Gear Stress Analysis Based on Tie-Surface Constraints and Its Validation Through the Hertz's Theory", *J. Mech. Des. Trans. ASME* 140, (2018).

[22] Roarty C. M., Grosland N. M. "Adaptive meshing technique applied to an orthopaedic finite element contact problem.", *Iowa Orthop. J.* 24, 9-21 (2004).

[23] Keskin A. "On the quantification of errors of a pre-processing effort reducing contact meshing approach", *53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting*, Virginia (2015).

[24] Roda-Casanova V., Sanchez-Marin F. "Development of a multiblock procedure for automated generation of two-dimensional quadrilateral meshes of gear drives", *Mech. Mach. Theory*. 143, (2020).

[25] Frey P. J., George P. L. *Mesh Generation: Application to Finite Elements: Second Edition*, Wiley-ISTE (2010).

[26] Owen S. "A survey of unstructured mesh generation technology", *7th Int. Meshing Roundtable*, (1998).

[27] Farrashkhalvat M., Miles J. P. *Basic Structured Grid Generation: With an introduction to unstructured grid generation*, Butterworth-Heinemann (2003).

[28] de Oliveira Miranda A. C., Martha L. F. "Hierarchical template-based quadrilateral mesh generation", *Eng. Comput.* 33, 701-715 (2017).

[29] Nguyen H. L. "On the applications of algebraic grid generation methods based on trans nite interpolation", Cleveland (1989).

[30] Gordon W. J., Hall C. A. "Construction of curvilinear co ordinate systems and applications to mesh generation", *Int. J. Numer. Methods Eng.* 7, 461-477 (1973).

[31] Lee N.S., Bathe K.J. "Effects of element distortions on the performance of isoparametric elements", *Int. J. Numer. Methods Eng.* 36, 3553-3576 (1993).

[32] Oddy A., Goldak J., McDill M., Bibby M. "Distortion metric for isoparametric finite elements", *Trans. Can. Soc. Mech. Eng.* 12, 213-217 (1988).

[33] Knupp P. M. "Achieving finite element mesh quality via optimization of the Jacobian matrix norm and associated quantities. Part I - A framework for surface mesh optimization", *Int. J. Numer. Methods Eng.* 48, 401-420 (2000).

[34] Canann S. A. Stephenson M. B., Blacker T., "Optsmoothing: An optimization-driven approach to mesh smoothing", *Finite Elem. Anal. Des.* 13, 185-190 (1993).

[35] *Abaqus Analysis User's Guide*, Dassault Systèmes (2014).

[36] Johnson K. L. *Contact Mechanics*, Cambridge University Press (1989).

V Barómetro Industrial: complicada recuperación si los fondos europeos no se emplean de manera eficiente

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha presentado su V Barómetro Industrial del COGITI-Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2021, que como ya hiciera en la edición anterior, ha contado de nuevo con la colaboración del Consejo General de Economistas de España (CGE), cuyo Servicio de Estudios (Cátedra EC-CGE) ha elaborado el informe Una perspectiva económica de la situación de la industria en España (2021), incluido en el informe nacional del Barómetro Industrial, que ha contado una vez más, como en cada edición, con la colaboración de la Fundación Caja de Ingenieros.

En la presentación y rueda de prensa, realizada de forma telemática el pasado 28 de enero, participaron representantes de ambas organizaciones. Por parte del COGITI, su presidente, José Antonio Galdón, y la coordinadora del Barómetro, Mónica Ramírez, que presentó las principales conclusiones del informe nacional del V Barómetro Industrial; y por parte del CGE, su presidente, Valentín Pich, y el director de la Cátedra EC-CGE y coordinador del Informe, Salvador Marín. En el acto también participó César Nicolás, director Ejecutivo del Instituto Tecnológico de Murcia de la UCAM, que destacó la importancia de la industria para la actividad económica de un país.

El Barómetro Industrial es un estudio sociológico en el que, a través de las respuestas ofrecidas por más de 3.500 Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de todos los ámbitos productivos y de toda la geografía española, se valora la situación actual del sector en España y su evolución –tanto a nivel nacional como regional–, así como una serie de temas de actualidad, como la incidencia de la crisis generada por la Covid-19 en la economía de las empresas industriales, cómo está afectando el incremento del precio de la energía a la actividad industrial o la repercusión de los fondos Next Generation EU en el crecimiento del sector.

El presidente de COGITI, José Antonio Galdón, ha señalado que “el V Barómetro Industrial refleja la evidente



El Barómetro Industrial es un estudio sociológico en el que se valora la situación actual del sector en España y su evolución

mejoría de las condiciones globales del sector en relación al caótico año 2020, pero a su vez, pone de manifiesto la alta incertidumbre que existe en el sector, y los numerosos problemas a los que ha de enfrentarse en el corto plazo sin que exista una estrategia clara para dinamizar este importantísimo sector productivo y estratégico”.

Para Galdón, “el encarecimiento y desabastecimiento de materias primas, los altos costes energéticos, las numerosas inversiones a realizar, la dificultad de las pymes para el acceso a los fondos, y la propia situación de inestabilidad que estamos viviendo, están afectando de forma especial al tejido industrial, que sin duda está más necesitado de estímulos que nunca. Pero también hay muchas oportunidades y retos para el sector que no podemos dejar escapar y por las que hay que apostar decididamente, y es que debemos ser capaces de liderar las tecnologías y crear el entorno productivo, con las que realizar la transición energética y sostenible de nuestra economía,

porque serán el eje del desarrollo de los próximos años”.

Por su parte, el presidente del CGE, Valentín Pich, ha afirmado que “este informe pone de manifiesto que, a día de hoy, la contribución de la industria española al PIB no solo no sigue sin alcanzar el objetivo marcado por la Comisión Europea, igual que sucedía en años anteriores, sino que retrocede, y más teniendo en cuenta que todavía persisten los efectos generados por la pandemia mundial de la COVID-19 y sus diferencias de gestión”.

Según Pich, “en el análisis de la situación de la industria en España que hemos realizado, se indica que se muestran claramente los efectos de la COVID-19 en el sector. En nuestra opinión, su duración y efecto final dependerá mucho de las medidas adoptadas, teniendo en cuenta dentro de estas el uso que se haga de los fondos europeos destinados a ello, si se aprovechan o no para generar economías de escala con un efecto tractor que financie reformas estructurales y actuaciones pendientes necesarias para la modernización de la industria española, así como del resto de sectores productivos”.

Por último, Salvador Marín, director del Servicio de Estudios CGE y coordinador del Informe *Una perspectiva económica de la situación de la industria en España: actualización 2021*, ha explicado la información sobre el estado de la in-

industria en las comunidades autónomas. Marín ha centrado su intervención en destacar, por un lado, la posición de la industria española en comparación con otros países de su entorno. Así, ha remarcado que “España está en una modesta 6ª posición en cuanto a número de empresas industriales, y 5ª en relación a cifra de negocios y VAB, por detrás de países como Italia, Alemania, Francia, UK, entre otros”; por ello, ha indicado que “queda mucho ámbito de mejora, sobre todo si vemos los números absolutos con diferencias de casi el 50% menos en relación a los países citados en el número de empresas y aún mayores –muy considerables– en relación a la cifra de negocios y VAB”.

Por otra parte, ha señalado que en el análisis de las comunidades autónomas “este es el primer informe que hemos clasificado a estas por grupos, siendo las comunidades autónomas de Navarra, La Rioja, País Vasco, Aragón, Cantabria, Cataluña y Castilla y León las que tienen un PIB Industrial superior al Nacional”. Para concluir, Salvador Marín ha afirmado que “el desarrollo y resultados de este barómetro nos lleva a continuar abogando por políticas activas que doten de mayor peso al sector industrial. En este sentido, y para que la industria española mejore su competitividad, se considera necesario priorizar las políticas de I+D+i; favorecer que las empresas españolas ganen en tamaño, ya que el porcentaje de empresas españolas no ha variado significativamente desde el último barómetro (99,47% son pymes, y de ellas un 84,84% son microempresas, un 12,83% son pequeñas empresas y un 2,33% medianas); e incentivar que se transforme o adapte la oferta industrial, la cooperación público-privada y la formación profesional”. Más información en www.cogiti.es.

Presentaciones en los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales

Por otra parte, además del informe nacional, también se han elaborado informes provinciales y autonómicos, con las conclusiones y los datos específicos de la región en cuestión. En este sentido, algunos Colegios han llevado a cabo actos de presentación de sus informes del V Barómetro Industrial.

Sevilla

El Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE) ha presentado, un año más, un in-

El Barómetro pone de manifiesto la alta incertidumbre que hay entre los profesionales y los problemas a corto plazo

forme detallado de la situación de estos profesionales. Para la presentación del documento, se ha contado con la presencia del decano del Colegio Profesional de Economistas de Sevilla, Francisco José Tato Jiménez, que ha acompañado a la decana de COGITISE, Ana Mª Jáuregui Ramírez, a lo largo de todo el acto.

Mientras que la tasa de desempleo del colectivo ha mejorado en Sevilla, igualándose a los datos nacionales, en un 9%, existe un descontento generalizado respecto a la gestión de los Gobiernos nacionales y regionales en materia de industria. Un 74% de los ingenieros sevillanos encuestados creen que las medidas del Gobierno de España son insuficientes, y un 68% también califica de negativas las andaluzas.

Ana Jáuregui ha señalado “la importancia de involucrar a todos los agentes posibles en la mejora del sector industrial en Andalucía y Sevilla, así como la disposición de su colectivo como valedor, altavoz y ejecutor de las medidas y acciones necesarias en colaboración con las administraciones para tal fin”, poniendo como ejemplo “un reciente protocolo de colaboración firmado con la Agencia Andaluza de la Energía para el impulso de las renovables y la formación en dicho ámbito”.

Por su parte, Francisco José Tato Jiménez ha querido destacar la importancia de contar con un sector industrial fuerte: “La industria crea empleo de calidad. Por eso, aunque tengamos un sector de turismo o agroalimentario fuerte, hemos de reforzar la apuesta por la industria, que es más fuerte y menos susceptible que otros sectores”.

La Rioja

Jesús Velilla, decano del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja (COGITIR), y Ernesto Gómez Tarragona, decano del Colegio de Economistas de La Rioja, presentaron la V Edición del Barómetro Industrial. El acto reunió a un buen grupo de periodistas de la Comunidad, y en él

se detallaron los indicadores más significativos del informe.

En palabras de Jesús Velilla, de entre todos los datos, sobresale «la contribución del PIB Industrial de La Rioja al PIB industrial nacional. Destaca en este sentido el buen desempeño del sector industrial de La Rioja, donde superamos el umbral establecido por la Unión Europea del 20%, casi multiplicando por dos la media nacional, situada en torno al 11,16%. Con estos datos, La Rioja se sitúa en la segunda Comunidad donde la industria tiene mayor peso, solo superada por Navarra y seguida muy de cerca por el País Vasco».

Más allá de este dato, Velilla señaló que este V Barómetro «refleja la evidente mejoría de las condiciones globales del sector con relación al caótico año 2020, pero a su vez, pone de manifiesto la alta incertidumbre que existe en el sector y los numerosos problemas a los que ha de enfrentarse en el corto plazo, sin que exista una estrategia clara para dinamizar este importantísimo sector productivo y estratégico».

Cantabria

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Cantabria (COITIC) presentó el pasado mes de febrero el informe del Barómetro Industrial correspondiente a su Comunidad Autónoma. Las principales conclusiones fueron presentadas por el vicedecano COITIC, Luis Miguel Muñiz González, y el decano-presidente del Colegio de Economistas de Cantabria, Fernando García Andrés. Ambos coincidieron en resaltar el interés de este informe, dada la actual coyuntura de crisis generada por la pandemia.

El vicedecano de los Ingenieros Técnicos Industriales señaló en su intervención que Cantabria es la quinta región industrial en porcentaje del PIB, con más del 15%, por encima de regiones como Asturias, Castilla y León, la Comunidad Valenciana, Cataluña o Madrid, y que mantiene con cierta estabilidad este porcentaje desde 2009 gracias, esencialmente, a los sectores alimentario, metalúrgico y del vehículo motor.

Por su parte, el decano-presidente de los Economistas destacó que “hay que perseverar en la especialización industrial, reforzando sectores fuertemente industriales como el químico y el metalúrgico, el sector agroindustrial y los de naturaleza logística”, refiriéndose al proyecto de La Pasiiega.

Presentada la norma UNE 192014-1:2021

Con motivo del gran interés que genera en el colectivo profesional al que representa la institución, el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) llevó a cabo una jornada para presentar la norma UNE 192014-1:2021, que supone un avance sin precedentes en el ámbito normativo de las inspecciones eléctricas de alta tensión, donde se explicó su contenido y los objetivos para los que ha sido desarrollada.

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) se encuentra profundamente implicado en el ámbito de la actividad de normalización, y durante los últimos años ha participado en diversos comités técnicos, en el seno de la Asociación Española de Normalización (UNE), como herramienta clave para dar solución a los retos a los que se enfrenta la sociedad.

En el marco de impulsar la competitividad de las empresas con estándares que generan confianza, el COGITI, en colaboración con los 49 Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales, ha ostentado la Secretaría en la elaboración de la norma UNE 192014-1:2021, que supone un avance sin precedentes en el ámbito normativo de las inspecciones eléctricas de alta tensión.



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, y Javier García, director general de UNE (a su dcha.).

En el transcurso de la jornada, celebrada en la sede del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), se presentó, por tanto, la *norma UNE 192014-1:2021. Procedimiento para la inspección reglamentaria de instalaciones eléctricas de alta tensión que no sean propiedad de entidades de Transporte y Distribución de Energía Eléctrica. Parte 1: Centros de Transformación, y sus Anexos Técnicos*. La jornada se llevó a cabo en un formato híbrido, presencial y telemático, ya que fue seguido en streaming por un gran número de profesionales.

El acto comenzó con las palabras de bienvenida del presidente de COGITI,

José Antonio Galdón Ruiz, que destacó el interés de los profesionales por conocer esta norma, "lo cual es una gran satisfacción", y la motivación final de "buscar la excelencia en nuestros trabajos profesionales".

Además, recordó el convenio de colaboración que mantiene el COGITI con AENOR para la visualización, y compra en los casos que lo deseen a través del portal Toolbox <https://toolbox.cogiti.es/>, con un 20% de descuento, de las normas UNE.

A continuación, Galdón dio paso a la intervención de Javier García Díaz, director general de UNE.

Alfonso Guerra recibe la Insignia de Oro y Brillantes del COGITI por su contribución a la profesión

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, impuso la insignia de Oro y Brillantes a Alfonso Guerra, perito industrial y ex vicepresidente del Gobierno de España (entre 1982 y 1991), en el transcurso de una comida-homenaje celebrada en su honor, que contó con la presencia de los decanos/as de los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales.

Con este homenaje, la Ingeniería Técnica Industrial quiso agradecer a Alfonso Guerra su contribución a la profesión. En este ámbito, por todos es conocido el importante papel que desempeñó en la aprobación de la Ley 12/1986, de 1 de abril, sobre regulación de las atribu-



José Antonio Galdón (presidente de COGITI), Alfonso Guerra y Ana Mª Jáuregui (vicepresidenta de COGITI), de izda. a dcha.

ciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos; una ley muy es-

perada y necesaria por todos estos profesionales.

Jornada Industria y Energía: “El papel de los profesionales en la transición energética”

José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI, participó, el pasado 3 de febrero, en la I Jornada Industria y Energía, organizada por el Consorcio de la Zona Franca de Barcelona (CZFB) y el Foro Industria y Energía (FIE), que contó con destacadas personalidades y representantes del ámbito institucional, empresarial e industrial.

El COGITI forma parte del FIE, y José Antonio Galdón fue invitado clausurar la Jornada, que se celebró en Barcelona, en un formato híbrido (presencial y telemático), con el objetivo de abrir un espacio de diálogo que ponga en el centro del debate la gestión energética de la industria ante el reto de la transición ecológica.

El evento contó con varias mesas redondas en las que se han analizado las necesidades energéticas de algunos de los sectores industriales más representativos, así como la contribución de las diferentes tecnologías al proceso de transición, en un diálogo abierto entre empresas, administraciones públicas y entidades sectoriales y académicas.

La jornada comenzó con las intervenciones de Pere Navarro, delegado espe-



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, interviene en la I Jornada Industria y Energía.

cial del Estado del Consorcio de la Zona Franca de Barcelona; Eduardo Álvarez, coordinador técnico del Foro Industria y Energía y profesor del Departamento de Energía de la Universidad de Oviedo, e Ignacio Villaverde, rector de la Universidad de Oviedo.

Durante su intervención, el presidente de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, destacó la contribución del tejido industrial al desarrollo de cualquier sociedad, así como la capacidad de influencia sobre el resto de países y en la economía global.

“En esta jornada se han realizado muchas reflexiones y son muchas todavía las que se tienen que realizar, pero es necesario hablar también de la capacidad de influencia”, señaló. Los países industrializados son los que más pueden influir en el desarrollo de los futuros económicos. “Dentro de esa capacidad de influencia tenemos, por supuesto, también el ámbito energético, y se tiene que poner este debate encima de la mesa”. En este sentido, manifestó que “el mal endémico de nuestro país se llama 85% de dependencia energética”.

La Ingeniería Técnica participará en el Foro de Alto Nivel de la Industria española

El Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) participará en el Foro de Alto Nivel de la Industria española, constituido oficialmente el 21 de diciembre del 2020 como órgano consultivo, asesor y de colaboración entre las Administraciones Públicas y 30 organizaciones empresariales y sindicales, para abordar la nueva política industrial española.

El pasado día 7 de marzo, el presidente de INGITE y de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, acompañado del secretario general, Andrés Díez, y de la secretaria técnica, Ángeles de Blas, ambos de INGITE, mantuvieron una reunión con el Director General de Industria y de la Pyme, Galo Gutiérrez, acompañado

por Gonzalo Ceballos, del Gabinete Técnico de la DGIPYME, para solicitar la incorporación del Instituto al “Foro de Alto Nivel de la Industria Española”.

De este modo, y después de dicha reunión, el INGITE se suma a la participación activa en este Foro, y va a colaborar y estar presente en diversos grupos de trabajo. El presidente del INGITE, José Antonio Galdón, manifestó su total satisfacción por participar en este importante foro, “donde todas las profesiones de Ingeniería Técnica tenemos mucho que aportar, estando presentes en la práctica totalidad de los sectores productivos, y sobre las que pesa la enorme responsabilidad de liderar e impulsar la innovación tecnológica,

la sostenibilidad y la digitalización, entre otras muchas; en definitiva, todo aquello que mejore nuestra calidad de vida y fomente la competitividad de nuestra economía en su conjunto”.

“Nuestro compromiso y la lealtad institucional son nuestras señas de identidad, y aportaremos lo mejor de nosotros mismos para conseguir los objetivos marcados, que potencien y mejoren nuestro sector industrial”, señaló Galdón.

El Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) es una entidad de carácter científico en la que están integradas asociaciones que representan a distintas ramas de la Ingeniería Técnica.

Vasyl Vivcharuk, Ingeniero Técnico Industrial ucraniano afincado en Madrid, nos cuenta su testimonio

Vasyl Vivcharuk estudió Ingeniería Mecánica en Ucrania, pero hace 16 años decidió emprender una nueva vida en España. Tras llegar a nuestro país, convalidó su título de Ingeniero Técnico y hace varios años se colegió en el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM). Como él mismo afirma, el Colegio le ayuda a seguir formándose y estar al día, a través de los cursos que se imparten para ingenieros, aunque también manifiesta que “en realidad, me gustan todos los servicios que ofrece el Colegio”.

Su carácter inquieto y su curiosidad por “investigar cosas nuevas y preparar nuevos proyectos” le llevaron a estudiar una Ingeniería, unos estudios por los que demostró un interés especial desde una edad temprana.

Ahora reside en la Comunidad de Madrid, donde trabaja en el sector del transporte, con su familia (está casado y tiene un hijo de 6 años), donde está completamente integrado, aunque, como es lógico, no puede dejar de pensar en lo que está pasando en su país y en el sufrimiento de sus compatriotas, a consecuencia de la ofensiva rusa, iniciada a finales del pasado mes de febrero. En estos momentos, también están viviendo en su casa varios de sus familiares más allegados: su madre, su suegra y su cuñado, tras el estallido de la guerra.

A las inquietudes cotidianas que cualquier persona puede tener, se suma, en su caso, la gran preocupación que le provoca la grave situación en la que se encuentra su país. Aunque espera que la guerra acabe pronto, es consciente de que la situación en Ucrania es muy complicada. “A pesar de ello, tengo buena fe en que muy pronto se arregle todo y vuelva a ser como antes, que las familias que se han marchado puedan regresar a Ucrania y todo esté bien”, señala.

Cuando piensa en el futuro de su país y de los ucranianos, Vasyl se muestra optimista, una vez finalice la guerra: “Todos juntos vamos a reconstruir Ucrania”, aunque muy preocupado por los familiares que siguen viviendo allí, porque



Vasyl Vivcharuk.

“Tengo fe en que muy pronto se arregle todo y vuelva a ser como antes, que las familias que se han marchado puedan volver a Ucrania”

no quieren marcharse y abandonar sus casas. “Todos ellos me dicen que van a estar en Ucrania hasta el último momento, ya que allí pueden ayudar a la gente”, destaca.

Mientras tanto, desde la distancia, Vasyl y sus compatriotas en España hacen lo que pueden, aportando su apoyo y ayuda en todo lo que está en sus manos, con la esperanza de que esta pesadilla acabe lo antes posible. Para ello, recogen medicamentos, ropa y comida para enviar a Ucrania. En su caso, además, ha llegado incluso a viajar a Barcelona, los fines de semana, para traerse a Madrid a sus compatriotas, mujeres y niños, que llegan desde su país. Además, también ha viajado hasta la frontera de

Ucrania con Polonia para traerse a algunas familias. En este sentido, recuerda que recogió en Polonia a dos mujeres y sus hijas, que habían salido del país sin nada, “con lo puesto”, ni siquiera llevaban una mochila, ni pertenencias, ni dinero, tan solo la documentación. Durante el viaje de traslado a España, siempre intenta transmitirles un mensaje optimista, diciendo que pronto van a salir de esta guerra, que reconstruirán su país, aunque con mucho trabajo, y que lo dejarán todavía mejor de lo que estaba antes.

Vasyl quiere agradecer también la solidaridad del pueblo español, y especialmente de las familias que están acogiendo a sus compatriotas, y al COGITIM por la ayuda y el apoyo que les están brindando. No puede evitar que se le humedezcan los ojos al pensar en todo lo que está ocurriendo, pero con la esperanza y el deseo, como todos, de que la guerra termine lo antes posible y Ucrania pueda trabajar en su reconstrucción, con las vistas puestas en un futuro prometedor, como se merecen.

In Memoriam

En memoria de José Luis Jorrín Casas: “Diecinueve días y quinientas noches”

El pasado 2 de abril del 2021 falleció nuestro amigo y compañero, José Luis Jorrín Casas. Dicen que una persona olvida lo que le dijiste, o lo que le hiciste, pero nunca olvida cómo le hiciste sentir. Siempre que José Luis cantaba la mítica canción de Sabina “y nos dieron las 10” a “su Cati”, al finalizar nuestra cena de hermandad y la de otras provincias amigas, me sentía alegre, feliz y orgullosa del amor que ambos se procesaban y, por supuesto, de que fuera mi decano y amigo. Sé que estos sentimientos nos acompañarán siempre, a mí y a muchos de los compañeros, que tuvimos el placer de compartir vida y Colegio con esta gran persona.

Cuando José Luis me ofreció formar parte de su Junta de Gobierno, sin apenas conocerle, pensé: “Voy a ver qué tal es como profesional, estoy segura que si es un buen profesional, será una buena persona y un buen decano al que acompañar en su andadura”. Su cargo como director del Área de Alumbrado y Energía, en Etra, le validó como buen conocedor del mundo industrial y de las administraciones públicas, lo que le sirvió para tener un enfoque de Colegio, dirigido a profesionales de alta cualificación y de distintas áreas funcionales (ejercicio libre, empresa, enseñanza, técnicos de la administración, etc.).

José Luis nació en Velleguina de Órbigo (León), en 1943. Hijo de cántabro y de leonesa, estudió Perito Industrial, Promoción 1969, finalizada en Tarra-sa, donde forjó amistades que durarían toda su vida. Siempre destacó su capacidad técnica en el ejercicio profesional, y su entrega y colaboración de las instituciones colegiales, tanto en Valencia como a nivel nacional.

Se asoció en la Asociación de Peritos Industriales de Valencia en 1970. Participó de forma activa en la constitución del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia, donde entró a formar parte de la Junta de Gobierno como vicese-



José Luis Jorrín Casas.

cretario (1971-1983), secretario (1983-2007), posteriormente como vicedecano (2007-2009), y finalmente decano, desde 2009 a 2016.

Su trayectoria nacional le llevó participar en la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de España (UAITIE) como vocal (2013-2019), y vicesecretario desde 2019 hasta su fallecimiento. Asimismo, hasta ese momento, fue secretario de la Mutualidad de Previsión Social de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales (MUPITI) y de la fundación MUPITI desde 2015, de la que previamente fue vicepresidente (2011-2014) y vicesecretario (2014-2015).

No puedo olvidarme de cómo su excelencia profesional le llevó al reconocimiento con la distinción de Socio de Merito de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de España (UAITIE), en el año 2004.

José Luis fue el promotor de la profesionalización del Colegio y de su digitalización; él abrió las puertas al COGITI Valencia del siglo XXI. Decano conciliador, persona cercana, de buen trato, con visión de futuro, ejemplo institucional para los que formamos parte de su Junta de Gobierno, promotor en la unión de colegios para hacer frente común en defensa de las competencias

profesionales, y en la creación de los premios Excelencias de Unión Profesional, que ya van por su VII edición. Firme defensor de nuestra profesión, trabajó con ahínco para darnos visibilidad ante la Administración y ante la sociedad, en general.

Cuando está a punto de cumplirse un año desde que nos dejó José Luis, echo de menos su don de gentes, su buen humor y el derroche de alegría; sigo necesitando pedirle consejo, como padre colegial, como mentor. Siento que aún voy a recibir su llamada para proponerme a organizar alguna cosa o algo para mejorar el Colegio. Gracias amigo por todo lo que nos diste y lo que nos enseñaste de forma desinteresada y, en especial, por darme la oportunidad y creer en mí, para conseguir un Colegio de tod@s y para tod@s.

Quiero despedirme con aquella canción de los años 50: “*Espérame en el cielo, amigo apreciado...*”; por cierto, de un cubano, en homenaje a tu amor por la música y el baile. Esperamos reencontrarnos ahí amigo, donde quiera que estés, organizando eventos y pasándolo muy bien, nunca no te olvidaremos.

Angélica Gómez González, decana del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia (COGITI Valencia).

Eva Vega Carrasco

Directora del Departamento de Programas Espaciales del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y galardonada con la Medalla al Mérito Aeronáutico

“Todo el sector espacial espera con ilusión la futura Agencia Española del Espacio”

Mónica Ramírez

El gusto por la física y las matemáticas llevaron a Eva Vega Carrasco a estudiar Ingeniería Aeronáutica, en la Universidad Politécnica de Madrid, y como ella misma afirma, a pesar de las dificultades, a día de hoy “volvería a hacerlo”. En su opinión, es un “sacrificio recompensado”, ya que manifiesta ser una gran apasionada de su trabajo. Y es que los más de 20 años que lleva trabajando en el sector espacial así lo atestiguan. En 2010, fue galardonada con la Medalla al Mérito Aeronáutico.

Tras su paso por la empresa privada, se incorporó a la plantilla del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) en el año 2000, donde trabaja dentro de la Escala de Científicos Superiores de la Defensa como directora del Departamento de Programas Espaciales. Su proyecto referente es la gestión del desarrollo del Segmento Terreno de PAZ, un gran programa de más de 4 años de duración.

Esta ingeniera zamorana fue jefa del proyecto de lanzamiento de PAZ al espacio, el primer satélite español de observación de la tierra en tecnología de radar, en lo que fue uno de los hitos en la historia de la industria espacial de nuestro país. El detonante de la puesta en marcha del proyecto del satélite PAZ fue la denominada “crisis de la isla de Perejil” (islote situado en el Estrecho de Gibraltar), en 2002. España necesitaba imágenes, y se las tenía que solicitar a Francia, por lo que en aquel momento es cuando fue realmente consciente de que no podía depender de los demás países en este sentido.

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial es el Organismo Público de Investigación (OPI), dependiente del Ministerio de Defensa. Además de realizar actividades de investigación científica y de desarrollo de sistemas y prototipos en su ámbito de conocimiento, presta servicios tecnológicos a empresas, universidades e instituciones. El INTA está



Eva Vega Carrasco

especializado en la investigación y el desarrollo tecnológico, de carácter dual, en los ámbitos de aeronáutica, espacio, hidrodinámica, seguridad y defensa. A través de sus más de 75 años de existencia, han sido entrenados en sus laboratorios e instalaciones generaciones de científicos e ingenieros.

Eva Vega forma parte del elenco de ingenieras que han sido elegidas para participar en el proyecto “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que hace algún tiempo puso en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAI-TIE), y que incluye la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”.

¿Qué motivos le llevaron a estudiar una Ingeniería?

Estudí una ingeniería porque buscaba una carrera enfocada en aplicaciones prácticas de la física y las matemáticas, que siempre me gustaron.

Sabiendo la dificultad y los sacrificios que conllevan estos estudios de Ingeniería, ¿volvería a tomar esta decisión si pudiera volver a atrás en el tiempo?

Sí, la volvería a tomar, creo que es un sacrificio recompensando, disfruto enormemente de mi trabajo y creo que eso es de un valor incalculable en la vida.

¿Cómo fueron sus inicios en el mundo laboral?

Encontré mi primer trabajo en una consultora a las pocas semanas de terminar la carrera, aunque no era un tema aeronáutico, aprendí mucho sobre software y preparación de documentación técnica.

A partir de este primer trabajo, me surgieron oportunidades para moverme a empresas del sector aeroespacial, inicialmente en Gamesa Aeronáutica en Vitoria, y después en GMV en Madrid. Mi paso por GMV me supuso una gran formación respecto al espacio y metodología de trabajo.

Tras su paso por la empresa privada, se incorpora en el año 2000 a la plantilla del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), donde trabaja en la Escala de Científicos Superiores de la Defensa como directora del Departamento de Programas Espaciales, ¿en qué consiste su trabajo?

El Departamento de Programas Espaciales es el encargado de la gestión de los grandes programas espaciales del INTA, particularmente de los programas plataformas espaciales, segmento terreno y operaciones espaciales.

Como directora del departamento, tengo la responsabilidad de definir sus objetivos y planes en coherencia con las líneas estratégicas del INTA. También forma parte de mi actividad promover la participación en proyectos y misiones espaciales de ámbito nacional e internacional e intentar promover proyectos de investigación, desarrollo e innovación espaciales. Por supuesto, también

dedico parte de mi trabajo a la gestión y apoyo de las tareas administrativas y económicas de estos proyectos y del personal del departamento.

Uno de los proyectos más importantes que ha llevado a cabo ha sido el desarrollo del Segmento Terreno del satélite PAZ, primer satélite nacional de observación de la Tierra en tecnología radar, del que ha sido la máxima responsable. ¿Qué nos puede contar sobre este proyecto?

Personalmente el desarrollo Segmento Terreno de PAZ ha sido una experiencia realmente enriquecedora. En los orígenes del proyecto, se confió al INTA la responsabilidad de desarrollar el segmento terreno del programa PAZ.

El proyecto se inició desde cero en las instalaciones principales de INTA en Torrejón de Ardoz (Madrid). Se agruparon las actividades en tres líneas, la construcción del nuevo edificio para albergar las instalaciones, la nueva estación terrena de seguimiento y descarga de datos de la misión y, finalmente, el diseño y desarrollo de todo el sistema de control y procesado de datos de la misión. El segmento terreno, además, tenía que cumplir con estrictos requisitos de seguridad derivados del uso del sistema por parte del Ministerio de Defensa.

Para realizar todo este trabajo, el INTA asignó a un conjunto interdisciplinar de grandes profesionales expertos en segmento terreno, tecnologías radar y estaciones terrenas. El trabajo de este equipo ha sido ejemplar, la dedicación del equipo al proyecto es lo que ha hecho posible que en el año 2018 todo estuviera listo para el seguimiento del satélite PAZ y el sistema siga funcionando a la perfección desde ese día.

¿Cuáles fueron los principales retos y desafíos a los que tuvo que enfrentarse para llevarlo a cabo?

El proyecto ha sido un reto por múltiples factores, hay que considerar la gran dimensión del proyecto que se plasmaba en una gran diversidad de actividades. Era necesario gestionar muchas actividades en paralelo y muchos actores, tanto internos como externos. Otro reto del proyecto fue su uso dual, es decir, con usuarios civiles y de seguridad. Encontrar un diseño que pudiera dar cabida a necesidades tan dispares también fue complejo.

“Personalmente, el desarrollo Segmento Terreno de PAZ ha sido una experiencia realmente enriquecedora y todo un reto”

“Todavía tenemos camino para mejorar, aumentando las capacidades del sector y minimizando la dependencia de Francia y Alemania”

Por último, la presión del calendario del proyecto; había que manejar el programa de forma que el segmento terreno de PAZ estuviera listo a tiempo. Esto nos llevó a plantear el programa de forma incremental, partiendo del desarrollo de los elementos esenciales que aseguraban la funcionalidad mínima para un lanzamiento, y completando el resto de funcionalidades en una segunda etapa. En la fecha final de lanzamiento, 2018, el sistema estaba totalmente desplegado y operativo.

¿En qué proyectos trabaja en la actualidad?

Por supuesto sigo conectada a PAZ, ya que INTA realiza el mantenimiento y da soporte operacional a la misión; pero adicionalmente, estoy involucrada en otros programas del departamento, son muy numerosos y solo puedo nombrar algunos ejemplos. El próximo mes de noviembre esperamos poner en órbita una constelación de tres pequeños satélites, denominada ANSER, desarrollados por el Instituto para probar nuevas técnicas de vuelo en formación. En paralelo, hemos lanzado un segundo programa de constelaciones para monitorización de la calidad del aire, en línea con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030.

Participamos en programas europeos, como la misión ExoMars, cuyo lanzamiento está previsto para el próximo mes de septiembre, donde hemos embarcado un espectrómetro RAMAN o, a más largo plazo, la misión PLATO de la Agencia Espacial Europea donde aportamos los planos focales del instrumento.

A raíz de la experiencia de PAZ, además se consiguió la operación de la misión CHEOPS, misión la Agencia Espacial Europea dedicada a la caracterización de exoplanetas, que está siendo un proyecto muy gratificante.

¿En qué situación se encuentra nuestro país en lo que respecta al sector aeroespacial? ¿Cómo podría mejorar esta situación?

España tiene una buena capacidad en el sector espacial, tenemos empresas punteras en la parte espacial y especialmente en el segmento terrestre. Participamos en los grandes programas europeos y también hemos tenido capacidad para desarrollar misiones nacionales. Sin embargo, tenemos camino para mejorar, aumentando las capacidades del sector y minimizando la dependencia de las grandes potencias europeas como Francia o Alemania.

El espacio es un sector estratégico para un país, y actualmente a nivel institucional está dividido y con cierta indefinición de competencias. En este sentido, todo el sector espacial espera con ilusión la futura Agencia Española del Espacio.

¿Qué es lo que más le gusta de su profesión?

El mundo del espacio es muy dinámico, cada proyecto trae nuevos retos. Además me permite trabajar con grandes profesionales.

¿Diría que es un buen momento para ejercerla?

Sí, sin duda, el sector está sufriendo una revolución con la llegada de lo que se denomina *New Space*, con la que se están abriendo nuevas oportunidades.

En 2010 fue galardonada con la Medalla al Mérito Aeronáutico. ¿Qué significó este premio para usted?

Un enorme agradecimiento al INTA por proponerme para este galardón.

Por último, ¿qué les diría a los jóvenes estudiantes para animarles a estudiar una Ingeniería?

Yo animaría a cada estudiante a estudiar aquello que le motive. Para aquellos estudiantes que les guste la tecnología, las ingenierías son una estupenda opción que les puede brindar una vida profesional llena de opciones y retos.

Javier Nadal

Presidente de la Asociación Española de Fundaciones (AEF)

“Donde hay una necesidad, hay una Fundación”

Mónica Ramírez

La Asociación Española de Fundaciones (AEF) es “la casa de las fundaciones”. Una asociación privada e independiente de ámbito nacional, que agrupa 865 fundaciones españolas de las más diversas dimensiones, finalidades y ámbitos de actuación, entre las que se encuentra la Fundación Técnica Industrial, editora de nuestra revista.

La AEF es la entidad más representativa del sector a nivel estatal y la segunda más importante en Europa. Su misión es trabajar en beneficio del conjunto del sector fundacional en favor de su desarrollo y fortalecimiento.

La AEF se constituyó el 22 de enero de 2003, como resultado de la fusión del Centro de Fundaciones y de la Confederación Española de Fundaciones, y es heredera, por tanto, del trabajo y la experiencia de más de 30 años de las dos asociaciones que la precedieron. Entre sus objetivos, se encuentra el de contribuir a crear una sociedad más justa y comprometida con el bien común, mediante la mejora y el fortalecimiento del sector fundacional español como principal activo para resolver con prontitud y eficacia las necesidades de nuestro país.

En fechas recientes, se ha llevado a cabo la celebración de la *V edición de Demos, Foro de Fundaciones y Sociedad Civil*, el evento de referencia en España del sector fundacional, que reunió durante 3 días (29 y 30 de noviembre y el 1 de diciembre de 2021) a fundaciones, profesionales de la filantropía, la cultura, la ciencia y la política para debatir, actuar y promover nuevos enfoques que den respuestas a las necesidades más urgentes de la sociedad actual, bajo el lema *Tiempo de Filantropía*.

En *Técnica Industrial* hemos hablado con Javier Nadal, presidente de la AEF, para conocer más a fondo esta gran iniciativa y los próximos proyectos de la Asociación.

¿Qué se pretendía trasladar a la sociedad con la celebración de #DEMOS2021?



Javier Nadal

Demos es ya la cita de referencia del sector fundacional. Es el día de las fundaciones y de la sociedad civil. Un lugar de encuentro y de celebración para conocer, para compartir proyectos, experiencias y para identificar oportunidades de colaboración.

Como cada año, en esta quinta edición, hemos intentado acercar a los ciudadanos la labor imprescindible que realizan las fundaciones desde hace décadas en España y que, además, han estado activamente implicadas desde el comienzo de la crisis de la COVID-19, como lo hicieron en otras. Las fundaciones son una expresión genuina de la filantropía, tienen un papel decisivo para muchas personas y juegan un papel clave en nuestra sociedad trabajando cada día en la consecución de fines de interés general. Con cada edición de Demos, pretendemos que el trabajo de las fundaciones sea cada vez más y mejor conocido, que todos los sectores de la sociedad, no solo sus destinatarios, sino las administraciones, los medios de comunicación, la opinión pública en general conozca a las fundaciones.

¿Cuáles fueron las principales conclusiones a las que llegaron los participantes en esta edición de Demos?

En esta edición de Demos hemos querido iniciar una reflexión y un rescate de la palabra filantropía, en su sentido más amplio. Desde su significado etimológico, el amor al género humano, hasta su sentido más moderno asociado a nuevas formas de filantropía como el micromecenazgo, o el voluntariado. Hemos constatado que la palabra filantropía tiene un significado distinto en cada imaginario: solidaridad, empatía, fraternidad... Surgieron muchas perspectivas y opiniones que, aunque constatan la existencia de distintas visiones, confirman que la filantropía es uno de los elementos necesarios para hacer crecer nuestra sociedad, algo en lo que todos podemos y debemos involucrarnos.

También hemos podido ver el esfuerzo de innovación que llevan a cabo todas las fundaciones año a año y que, sin embargo, debemos acercar a las fundaciones, aún más, a algunos sectores de la sociedad. Debemos hacer más visible el conjunto.

En el marco de Demos se han entregado los VI Premios AEF, cuyo objetivo es distinguir a las entidades que mejor reflejan los valores de un sector que invierte 8.499 millones de euros y beneficia a más de 43,7 millones de personas. ¿Qué se valora especialmente en la elección de los premiados?

Para la AEF es muy satisfactorio comprobar cómo la calidad de los candidatos y de los premiados ha sido de primer nivel desde la primera convocatoria y, desde entonces, no hace sino acrecentarse. El jurado lo tiene cada año más complicado, ya que se presentan multitud de proyectos innovadores, de colaboración y de comunicación que se pueden encontrar en las fundaciones españolas.

Lo que el jurado valora especialmente es que los filántropos y fundaciones españolas premiados representen los valores del sector en el cumplimiento de los fines de interés general. Y, desde luego, los galardonados este año, Funda-

ción Ayuda en Acción, Fundación CNSE y Fundación por Causa, con distintas trayectorias y distintos modelos, son un magnífico ejemplo de ello. Y, por supuesto, quiero mencionar a Diego Hidalgo, premio a la iniciativa filantrópica, como parte de esa reivindicación de la filantropía a la que hemos querido dedicar esta edición de Demos. Hidalgo representa ese espíritu innovador, comprometido con su entorno y con la sociedad global, a la que ha querido dotar de los recursos no sólo económicos, sino intelectuales, de capacidades, con la finalidad de lograr un mundo más próspero.

¿Cómo sirven las fundaciones a la sociedad, en qué sentido son útiles?

El sector fundacional está formado por un tejido rico, diverso y plural de organizaciones que se dedican a atender los más diversos fines de interés general. Las fundaciones son una formidable red de solidaridad que dedica más de 8.000 millones anuales a un sinfín de tareas orientadas al bien común: a mejorar la situación de los más vulnerables y de las personas mayores, tan golpeados por la pandemia; a la investigación, a la cultura y a la educación de los colectivos más diversos; a alcanzar la plena integración de las personas con discapacidad; a la salud; a reducir la brecha social y digital; a facilitar el acceso a estudios de postgrado en las universidades más prestigiosas del mundo; a fomentar la innovación; a la cooperación internacional, al medioambiente y al desarrollo sostenible.

Es difícil encontrar un ciudadano que no se haya beneficiado de alguna actuación de una fundación. Los beneficiarios del sector se estiman en unos 43 millones de personas. Las fundaciones no sólo aportan valor social y económico, sino que son uno de los vehículos más idóneos de la filantropía porque canalizan los recursos de donantes, pequeños o grandes, del mecenazgo de particulares y de empresas hacia los fines de interés general. Por eso, en la AEF nos gusta decir eso de que "donde hay una necesidad hay una fundación".

Las fundaciones son importantes porque son la pieza esencial de la sociedad del bienestar. Y pongo un ejemplo: el sistema de salud en España es grande y complejo. En ocasiones, surge una enfermedad rara que el sistema no tiene catalogada y a la que, por tanto, no se le dedican recursos suficientes. Es habitual que surja una fundación con personas

afectadas que luchan por la investigación de esa enfermedad, algo de lo que se beneficia toda la sociedad porque nadie está libre de enfermar.

¿Cómo se podría mejorar la comunicación para que el trabajo de las Fundaciones fuera más conocido por la opinión pública, en general?

La comunicación es una de nuestras luchas permanentes y el sector fundacional le da mucha importancia. Muchos filántropos quieren ser discretos y eso es muy respetable, pero no es incompatible con dar a conocer la contribución de las fundaciones y del conjunto de la filantropía a la sociedad. Como comentaba antes, es difícil encontrar un ciudadano que no se haya beneficiado o no haya tenido contacto con alguna fundación. Sin embargo, eso no siempre se traduce en una mejor comprensión y conocimiento de las fundaciones y del conjunto del Tercer Sector. Las fundaciones formamos parte de la sociedad civil articulada y somos organizaciones profesionales sin las que la cultura, la lucha contra la pobreza, la educación o la investigación y la transferencia de tecnología, por citar algunos ámbitos, no se entendería. Los medios de comunicación tienen un papel fundamental no sólo en dar a conocer el trabajo fundacional sino también, y esto es muy relevante, en romper los mitos que existen sobre las fundaciones que hacen un daño enorme.

¿Cómo está trabajando la AEF en el momento actual y cuáles son sus próximos proyectos y retos de futuro?

Trabajamos para mantener la pluralidad actual, representando a muy variadas fundaciones de diversas dimensiones; también para mantener y reforzar las redes con las organizaciones del Tercer Sector y para poner al sector en el centro de la inversión social y de impacto, que también es importante.

Como organización representativa, no podemos dejar de mencionar la interlocución con los poderes públicos. Las fundaciones necesitan urgentemente un modelo de supervisión moderno, que las haga crecer y que sea ágil y transparente.

La financiación del sector, mayoritariamente privada, no puede perderse de vista. Por eso reforzaremos la petición que hicimos en Demos, junto con otras plataformas del sector, de que se aborde ya una reforma de nuestra legislación del mecenazgo.

Y, por último, estamos preocupados por la forma en la que finalmente se apliquen los fondos europeos de recuperación. Creemos que el sector ya está realizando proyectos muy alineados con los objetivos europeos, pero tenemos que asegurar que esa financiación llegue al Tercer Sector, para que llegue a las personas y que la recuperación sea justa.

¿La pandemia por el coronavirus ha desvelado nuevas necesidades en la sociedad?

En mi opinión, la sociedad española todavía arrastraba las secuelas de la crisis de 2008 cuando nos hemos encontrado con todos los desafíos que ha planteado esta pandemia de la Covid-19. Esta crisis ha vuelto a ponernos a prueba y, de nuevo, se ha demostrado la capacidad del sector de responder a demandas desconocidas y el valor de trabajar juntos. Lo que ya parece claro es que, más allá de la crisis sanitaria propiamente dicha, la experiencia de estos meses complejos y difíciles nos hacen prever que la salida no nos va a devolver al mundo anterior. Por eso, las fundaciones tienen que dar lo mejor de sí mismas para lograr una recuperación sostenible con proyectos realistas.

¿Cómo han contribuido las fundaciones a paliar las consecuencias sociales y económicas de la pandemia?

Las fundaciones han podido estar desde el primer momento al pie del cañón para minimizar las consecuencias sociales y económicas de la pandemia porque tienen una ventaja comparativa muy grande: llevan muchas décadas trabajando con todo tipo de colectivos vulnerables, por lo que conocen perfectamente a las personas a las que tienen que atender y cuáles son sus circunstancias vitales.

Pongo sólo un ejemplo de los miles que hay. Uno de los ámbitos de actuación desde marzo de 2020 ha sido la brecha digital, en particular entre los niños y niñas que quedaron sin escolarizar durante la fase del confinamiento. Muchas fundaciones trabajan con sectores vulnerables y conocían mejor que nadie dónde estaban los problemas. Los contactos entre ellas permitieron, con la colaboración de muchas empresas, dotar de 5.000 dispositivos por toda la geografía nacional para los chavales que se quedaron descolgados de las clases.

Y desde el otro lado, ¿cómo ha afectado esta situación pandémica a las Fundaciones?

La Covid-19 ha impactado en el sector fundacional, aunque de manera desigual. En general, la pandemia ha supuesto una mayor demanda social y un cambio en la forma de gestionar los limitados recursos con los que cuenta. Los servicios esenciales, como son los asistenciales, han seguido siendo objeto de atención directa; otros, como los culturales y educativos han tenido que asumir un rápido cambio tecnológico para adaptarse a la nueva situación. Este cambio, ha generado estrés en muchas fundaciones, una veloz adaptación al teletrabajo y a nuevas formas de comunicación interna y externa.

A las fundaciones no nos ha quedado otro remedio que recomponernos y adaptar nuestra visión, y ser imaginativas y creativas con las soluciones. Muchas fundaciones tuvieron que cambiar su actividad, abrir nuevas iniciativas o reconvertir las que tenían para atender las dificultades que estábamos pasando. Fue un momento muy difícil pero, por otro lado, eso sirvió para innovar y adaptarnos a la nueva situación. Desde la AEF nos encargamos de levantar el ánimo de todos y generar una dinámica de colaboración. En momentos de crisis, ya nos pasó con la crisis anterior, es cuando las fundaciones sacan fuerzas de flaqueza.

El Tercer Sector, y en concreto las fundaciones, ha cooperado con el sector público en la respuesta a la crisis social, a veces sustituyendo su ausencia o fallos. Ello ha supuesto una gran tensión organizativa y financiera, como se recoge en el último informe sobre el sector fundacional publicado por la AEF.

A tenor de las necesidades actuales, ¿dónde centran actualmente las fundaciones sus esfuerzos?

No es fácil dar respuesta cabal a esta pregunta porque el sector es heterogéneo y diverso, por tipologías de organización y de fines y actividades. Sin embargo, la generalidad de las fundaciones comparte una serie de cuestiones en las que centran sus esfuerzos. Sin ánimo de ser exhaustivo, se pueden nombrar algunas de ellas como dar respuesta a las nuevas necesidades y exigencias provocadas por la pandemia y sus efectos sociales y económicos; formarse y adaptarse a las condiciones, posibilidades y exigencias de la transformación digital, para ser más eficaces y eficientes; avanzar en la transparencia de sus organizaciones y de la gestión de sus proyectos,

actividades y órganos de gobierno; consolidar la confianza de la sociedad en las fundaciones y fortalecer el vínculo social; potenciar y favorecer la colaboración y las alianzas entre fundaciones y entre sectores, y buscar respuestas adecuadas en la lucha contra los efectos del cambio climático.

Además, la pandemia ha creado nuevas necesidades y problemas, pero los anteriores a la pandemia subsisten y muchos de ellos se han transformado y necesitamos reinterpretarlos.

¿El tema de la formación constituye también un punto importante para la AEF y las fundaciones?

La formación permanente y continuada de los equipos de trabajo, de los directivos y de los órganos de gobierno es un elemento básico para las fundaciones, para aumentar su competencia profesional, para adaptarse a las nuevas condiciones, necesidades y exigencias en los tiempos corren, para garantizar y asegurar la solidez de la labor que realizan.

La AEF tiene entre sus objetivos permanentes dar respuesta a las necesidades de formación de las fundaciones, con el fin de promover su eficiencia para un mejor cumplimiento de sus fines de interés general. En este sentido, la AEF promueve y facilita la capacitación y la profesionalización de los directores, de los gestores y de las personas que forman parte de los equipos de trabajo de las fundaciones españolas. Cada año, organiza cursos y seminarios, con el apoyo y la colaboración de otras entidades, con el propósito de proporcionar información y documentación, de facilitar instrumentos de gestión y recursos, explicar procedimientos, realizar ejercicios prácticos, etc, dirigidos a ofrecer respuestas y orientación práctica a las preocupaciones y las necesidades más inmediatas y comunes en la gestión de las fundaciones españolas.

En este sentido, ¿cómo pueden ayudar las Fundaciones en la democratización de las nuevas tecnologías y la innovación?

Las fundaciones pueden y deben aportar mucho en la democratización, en la universalización de las nuevas tecnologías y en la innovación. Por su propia naturaleza, son instituciones comprometidas con el interés general, y, en la actualidad, no hay ninguna duda de que la innovación y la tecnología lo son. Las fundaciones

pueden y deben ofrecer soluciones innovadoras y tecnológicas útiles y gratuitas, o a bajo coste, que contribuyan a mejorar la vida de los ciudadanos, a dar respuesta a las necesidades y exigencias de nuestro tiempo. Las fundaciones pueden y deben estar en la vanguardia a la hora de dar respuestas universales a las necesidades y demandas sociales que tengan que ver con el interés general, con el bien común. Como sociedad, debemos de aspirar a que las nuevas tecnologías estén al alcance de todos los ciudadanos. Una de las misiones del sector es acercar las nuevas tecnologías a los más vulnerables y paliar los efectos que éstas tengan sobre el empleo, sobre todo, de personas menos cualificadas, al tiempo que aprovechar las oportunidades creando nuevo nichos. Por ejemplo, estamos viendo cómo algunas nuevas tecnologías son excluyentes para las personas mayores en el ámbito financiero pero, al mismo tiempo, la inteligencia artificial puede servir para ayudar a las personas mayores a mantenerse en su casa con menos riesgos.

Y, por último, no olvidemos que uno de los fines de interés general de las fundaciones es generar sociedad civil, que es la base de la democracia. La sociedad que viene requiere un esfuerzo para identificar riesgos para la convivencia y la democracia. Las fundaciones son un articulador de la sociedad civil y de asentamiento del contrato social, más allá de la política.

En alguna ocasión ha señalado que las fundaciones necesitan urgentemente un modelo de supervisión moderno, que las haga crecer. ¿Qué cambios sería necesario realizar en este aspecto?

Lograr un nuevo modelo de supervisión es una prioridad para la AEF. Tiene que ser moderno, ágil y transparente. El modelo de Protectorado actual, que depende del Ministerio de Cultura, nunca ha tenido una estructura y una dimensión adecuadas para resolver los problemas que se le plantean. Y, como no tiene la capacidad necesaria, se suele limitar a cuestiones burocráticas. Creemos que el Protectorado debería ser un órgano transversal que afectara a todos los sectores, no solo a Cultura, independiente y, a ser posible, colegiado, porque es mejor que haya debate a que las decisiones se tomen desde una instancia unipersonal.

Engineidea, la plataforma participativa de la UAITIE

Engineidea.es es la plataforma de innovación abierta de la UAITIE que permite a las empresas, instituciones y administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación y la sostenibilidad.

Los retos son planteados a la comunidad en línea de Ingenieros, quienes plantean propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales. Esta plataforma basa su método de trabajo en el *crowdsourcing*, una fórmula de colaboración abierta participativa, que consiste en externalizar tareas y realizar proyectos a través de comunidades masivas profesionales.

En este sentido, se hace un llamamiento, más o menos abierto, a una comunidad para solucionar un problema a través de la colaboración o competición; de manera que se consiguen más y mejores soluciones, en menos tiempo y esfuerzo, tanto por parte del cliente como de los proveedores.

Exposición “Mujeres ingenieras de éxito”

La exposición “Mujeres Ingenieras de éxito” es un programa de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de España (UAITIE), que fomenta la igualdad de género dando visibilidad a mujeres ingenieras referentes en nuestra sociedad.

Es un proyecto que nace de la inquietud por la escasez de mujeres dentro de las disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Esta desigualdad conlleva un desaprovechamiento inherente de talento, potencial creativo e ingenio, que resulta clave para la innovación y el desarrollo tecnológico empresarial y de la sociedad. La Muestra ya ha visitado Madrid, Murcia, Guadalajara, Logroño, Zamora y Valencia, y quiere seguir creciendo por toda la geografía española

La ciudad de Valencia acogió el pasado 7 de marzo, en el extraordinario marco del Auditorio Cubo Azul de la UPV, el acto central de la visita de la Exposición, que permanecerá hasta el 8 de abril en esa Comunidad, teniendo proyectadas visitas también a centros docentes valencianos, “para educar en este apasionante mundo y sumando cantera femenina a las listas de nuestras Escuelas de Ingeniería”.



Foto de familia del Acto inaugural de la “Exposición mujeres ingenieras” en Valencia.



Cartel del VII Premio Nacional UAITIE.

Las mujeres referentes de la ingeniería valenciana, Cristina Aristoy, ingeniera de diseño industrial y Paula Carsí, ingeniera aeroespacial, se incorporaron a la magnífica galería contemporánea en esta última visita por la geografía española.

Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica

El Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica nace en el año 2016, con el compromiso de estimular las vocaciones y el interés de la sociedad en la ingeniería, impulsar el talento juvenil y potenciar las asignaturas escolares tecnológicas. Estos pilares constituyen la base del más prestigioso concurso juvenil de ciencia y tecnología en todo el país.

Mediante el fomento de las vocaciones científico técnicas, tecnológicas y

de ingeniería, junto al trabajo de todos los miembros de UAITIE, “contribuimos a que la sociedad reconozca la valía de las nuevas generaciones de ingenieros, maximizando el talento como motor del progreso”.

En esta edición, la UAITIE plantea un concurso en el que los participantes deberán idear y proponer soluciones técnicas y tecnológicas a los principales retos de la sociedad. Los alumnos llamados a participar en la actual convocatoria son los estudiantes de enseñanza secundaria de todo el país, que estén cursando 3º y 4º cursos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y de 1º y 2º de Bachillerato, en las asignaturas de Tecnología o Tecnología Industrial. El 31 de marzo finaliza el plazo de entrega de proyectos en esta séptima edición.

Energía solar fotovoltaica para todos

Pedro Francisco García Martín

Editorial Marcombo. 232 págs.

ISBN 978-8426734396



Ahorrar dinero en la factura de la electricidad, mejorar el medio ambiente y ser autosuficientes hasta el punto de olvidar por completo a las compañías eléctricas puede parecer algo inalcanzable. Sin embargo, *Energía solar fotovoltaica para todos* pretende ser un manual sencillo que, junto con la app que lo acompaña, diseñar e instalar sistemas de energía solar fotovoltaica esté al alcance de todos.

El autor ha logrado que, tanto si quieres dedicarte profesionalmente al diseño y la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica, como si pretendes hacer un uso personal de esa tecnología, puedas tener una posición de ventaja ante el gran desarrollo que va a experimentar el sector en los próximos años. ¿Cómo lo ha logrado? Simplemente a través de 54 casos prácticos que van desde planteamientos sencillos hasta instalaciones complejas, con equipamientos y detalles reales; acompañado con más de 200 ilustraciones, esquemas y circuitos.

La aplicación móvil que lo acompaña, SOLARPE PRO, facilita dicho diseño e instalación, ya que realiza todos los cálculos matemáticos y selecciona las características de los componentes del sistema. Tanto es así que ha sido reconocida por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) como la aplicación más innovadora en junio de 2016. También ha sido galardonada con el Premio SIMO Educación 2016 y con el Premio Francisco Giner de los Ríos en 2018.

La versión actual de SOLARPE PRO, que se facilita en este libro, incorpora nuevas funciones.

Estructuras o por qué las cosas no se caen

J. E. Gordon

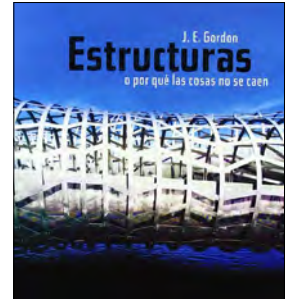
Calamar Ediciones. 396 págs.

ISBN 978-8496235069

Con un estilo ameno y desenfadado, este libro explica la importancia y las propiedades de los distintos tipos de estructuras. El autor describe con sencillez y precisión los conceptos estructurales básicos, prescindiendo del aparato matemático y hace un desarrollo conceptual e histórico de la ley de Hooke, analizando la idea de tensión y deformación.

J.E. Gordon, que fue profesor de Ciencia de Materiales en la Universidad de Reading y fue galardonado con la Medalla Británica de Plata de la Real Sociedad de Aeronáutica, entre otras; introduce aquí la noción de coeficiente de seguridad y de la moderna mecánica de la fractura. Trata aspectos sobre la rotura a tracción, compresión, cortante, flexión y torsión; así como analiza la forma de trabajar de algunos sistemas estructurales: arcos, muros, vigas, presas, y puentes. En sus cerca de 400 páginas se abarca, de forma amena y sencilla, gran parte de las ciencias de la teoría de las estructuras y de la resistencia de los materiales.

Con la lectura de este libro entenderás por qué los griegos quitaban las ruedas a sus carros por las noches, por qué tenemos lumbago, por qué los pájaros tienen plumas, cuánto hay de ciencia en la costura de un vestido; por ejemplo. El autor describe, con un lenguaje claro e informativo, los elementos estructurales que se dan en la naturaleza, la tecnología y nuestra vida diaria, desde un punto de vista absolutamente actual.



El teorema del loro

Denis Guedj

Editorial Anagrama S.A.. 544 págs.

ISBN 978-8433967268

El teorema del loro anuncia en su subtítulo que se trata de “la novela con la que aprenderás matemáticas” ya que, con un toque de humor y una narración dinámica, sin darte cuenta, pasarás por encima de los temas más importantes de esta disciplina. Por ello, puede ser una lectura más que recomendada para los pequeños (y no tan pequeños) de la casa.

La historia gira en torno una pintoresca familia que vive en París, formada por el señor Ruche, su compañera Perrette y sus tres hijos. Un día, Max, el más pequeño de los niños, rescata a un loro malherido y se lo lleva a casa. El misterio llega a esta familia cuando un amigo del señor Ruche es asesinado y le deja en herencia una biblioteca con los mejores libros de matemáticas y dos cartas de lo más enigmáticas. Estos sucesos les llevarán a iniciar una investigación que sirve de ingeniosa excusa argumental para repasar de manera asequible los grandes hallazgos de la historia de las matemáticas.





COGITI

Formación

e-learning



➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Proyectos de Estaciones de Servicio Eléctricas, de Hidrógeno y Gas Natural

Diseño y mantenimiento de instalaciones de energía solar fotovoltaica

Certificación energética de edificios nuevos y existentes

Vigilancia Ambiental

Hidráulica

Especialización BIM en modelado y gestión de edificios con Revit

Experto en Seguridad contra incendios

Proyectos de iluminación interior y exterior con DIALUX

Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales

Proyectos de adaptación de locales con CYPECAD MEP

Especialización BIM en Estructuras e Instalaciones con CYPE

Inglés

Alemán

Auditor de sistemas integrados de gestión

Instalaciones térmicas en edificios: calefacción y agua caliente sanitaria

Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.

www.cogitiformacion.es



COGITI

Consejo General de Colegios Oficiales
de Graduados e Ingenieros Técnicos
Industriales de España

Mupiti Vida PRÉSTAMO

¿Qué
pasaría
si...

...algún día?
faltas ?



Seguro de vida vinculado a préstamo hipotecario

El **Seguro Mupiti Vida Préstamo** es un seguro cuya cobertura básica es el fallecimiento por cualquier causa, siendo el beneficiario la entidad financiera por el importe pendiente de amortizar. La diferencia hasta el capital asegurado tendrá como beneficiarios a los que el mutualista haya designado.

La cuota se calcula en función de la edad del mutualista y de los capitales asegurados, siendo anual y prepagable, con la opción de fraccionarlo con periodicidad mensual, trimestral o semestral.

Más información en:
900 820 720
virginia@mupiti.com
www.mupiti.com

