Facultad BAM-UPAEP: horizontes y desafíos

Omar González-González
José-Gilberto Montaño-Márquez
José-Miguel Gutiérrez-Ramírez

Resumen

En este documento se busca analizar los logros y desafíos de los programas de Ingeniería Biónica, Aeroespacial y Mecatrónica (BAM) de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Más allá de una perspectiva organizacional basada en indicadores, la idea de los autores es inspirar una mirada fresca y motivadora sobre el origen y aplicación de cada una de estas disciplinas, sin dejar de resaltar su importancia dentro de un mercado laboral cada vez más competitivo; donde el creciente uso de nuevas tecnologías se convierte en un elemento preponderante en la formación de capital humano de alto valor.
Palabras Clave: AztechSat-1, Aeroespacial, Mecatrónica, Biónica.

Abstract

In this document, the aim is to delve into the achievements, and challenges of the Bionics, Aerospace, and Mechatronics Engineering (BAM) programs at the Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Beyond an organizational perspective based on indicators, the authors seek to inspire a fresh and motivating outlook on the origins and applications of each of these disciplines, while also highlighting their importance in an increasingly competitive job market, where the growing use of new technologies becomes a key element in the development of high-value human capital.
Keywords: AztechSat-1, Aerospace, Mechatronics, Bionics.

1 Introducción

Para analizar el horizonte esperado de los programas de Ingeniería Mecatrónica, Biónica y Aeroespacial en México, es preciso enfocarse en la adaptación a las demandas de la industria, la innovación tecnológica y la competitividad global. Estos programas, entre otros, apuntan a desarrollar profesionales con competencias avanzadas en diseño, simulación, robótica, inteligencia artificial y automatización, que puedan contribuir a sectores clave como el aeroespacial, el automotriz, el de salud y el manufacturero.

En el caso de Ingeniería Mecatrónica, el campo de este programa ha tenido desde su llegada un crecimiento sostenido en México (CIMAV, 2007), impulsado por la demanda de

automatización y la Industria 4.0 en manufactura avanzada. Esto ha generado que las universidades mexicanas busquen continuamente actualizar sus planes de estudio para integrar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la IoT (Internet de las Cosas). También, dicha actualización pretende enfocar los programas hacia la resolución de problemas industriales a través de sistemas robóticos y autónomos. Además, se espera que los graduados se involucren en el diseño y mantenimiento de líneas de producción, sistemas de control y mecatrónica aplicada en distintos sectores.

Por otro lado, la Ingeniería Biónica combina biotecnología, electrónica y mecánica para el desarrollo de dispositivos médicos, prótesis avanzadas y sistemas de asistencia robótica. En México, contando UPAEP, solo hay 2 instituciones que ofertan este programa, el cual tiene un gran potencial para contribuir al sector de salud, particularmente en áreas como rehabilitación, biomecánica e innovación médica. A futuro, se proyecta una colaboración más estrecha entre instituciones académicas y empresas de tecnología médica para potenciar la creación de dispositivos biónicos y sistemas de monitoreo de salud, buscando reducir costos y mejorar el acceso a la salud a través de tecnologías accesibles y eficaces.

En el campo de la Ingeniería Aeroespacial, México se ha convertido en un centro de desarrollo aeroespacial en América Latina, con gran presencia de empresas internacionales y clústeres en estados como Querétaro y Baja California. La Ingeniería Aeroespacial en México apunta a la formación de especialistas en diseño y fabricación de componentes aeroespaciales, materiales avanzados y sistemas de navegación y propulsión. Los programas están integrando tecnologías de simulación, diseño en CAD y manufactura aditiva, preparándose para el crecimiento del sector en el contexto de la movilidad urbana y los vehículos aéreos no tripulados. Además, existe un enfoque en la sustentabilidad y el desarrollo de tecnologías aeroespaciales que minimicen el impacto ambiental.

Dentro de los muchos desafíos posibles, estos programas enfrentan el reto de mantener la pertinencia y calidad educativa mediante la actualización constante de los contenidos y la infraestructura. Para enfrentarlo, la colaboración con la industria, el acceso a laboratorios especializados, el respaldo que se tiene de las acreditaciones académicas de nuestros programas por CACEI y CIEES y la formación de docentes con experiencia práctica son áreas clave.

A partir del trabajo colegiado de la Facultad BAM, la prospectiva indica que estos programas serán fundamentales para la innovación y el desarrollo industrial en México, con la posibilidad de posicionar al país como un referente en el ámbito tecnológico a nivel global. Sin embargo, alcanzar este horizonte implica mantenerse a la vanguardia en investigación, actualizando de manera periódica los programas académicos de la facultad, interviniendo constantemente en la discusión de las tendencias mundiales, como son la fabricación de semiconductores, la electromovilidad, el diseño y construcción de pequeños satélites, por citar algunas. Una plataforma para generar estas discusiones es nuestro Encuentro de Ingenierías, que, en su quinta edición en 2025, contará con ponentes de talla internacional en todos los programas del decanato. Además, como una estrategia de internacionalización en casa, este año se realizará la segunda edición del programa Global Summer, que tan sólo en la facultad BAM se estima que cuente con 9 profesores provenientes de La India, Perú, El Salvador, Italia y Francia, quienes participarán como profesores adjuntos por 4 semanas en el periodo académico de verano.

Para facilitar el análisis que se pretende en este documento, en las secciones siguientes se presenta cada uno de los tres programas de la facultad, distinguiendo su aplicación y remarcando los logros relevantes en cada caso.

2 Ingeniería Biónica

Volar como un pájaro, correr como un guepardo, nadar como un pez o tener la fuerza de un insecto; todos estos sueños son tan antiguos como la humanidad misma. A lo largo de la historia, investigadores, arquitectos, ingenieros, artistas y científicos han intentado emular lo que sus ojos vieron en la naturaleza mediante esculturas, pinturas o artefactos que mejoren nuestra calidad de vida. Este deseo humano por crear, inventar y construir todo tipo objetos inspirados en la naturaleza ha impulsado a la ciencia y la ingeniería. Específicamente, la creación de la ingeniería Biónica se deriva de dicha inspiración.

Se cree que el vuelo de los pájaros fue la primera inspiración para desarrollar inventos que pudieran asemejar esta habilidad sobrehumana. De hecho, uno de los mitos griegos más famosos trata sobre ello: El inventor y arquitecto Dédalo construyó las alas de un ave con las cuales surcar los cielos y lograr escapar de su prisión junto con su hijo Ícaro. A pesar del trágico

desenlace de este mito, este representa el intento e inquietud de la humanidad por copiar habilidades presentes en animales o plantas. Aunque es un mito, podemos rastrear esta inquietud en construcciones antiguas como las edificaciones que se guiaron del sol u otras estrellas para su correcta orientación. Algunas construcciones más aventuradas intentaron copiar los árboles para convertir sus formas en columnas, creando techos flexibles cual telarañas en las ramas.

El observador de la naturaleza más famoso que convirtió sistemas biológicos en creaciones funcionales, fue Leonardo Da Vinci. A él le debemos muchos avances modernos pues su obra mostró que en la naturaleza se encuentra la clave para crear aparatos funcionales. En su haber se encuentran desarrollos como tanques, helicópteros, aviones, paracaídas, sistemas de transmisión, sistemas para buceo, avances médicos, entre otros (Isaacson, W. 2018). Tal vez una de sus contribuciones más importantes fue comparar el aire con el agua. Actualmente, es algo obvio pues se nos enseña que ambos son fluidos. Sin embargo, en la época de Da Vinci no lo era, y con ello se logró acercar más al sueño de volar pues se puede estudiar las corrientes de aire, invisibles, mediante su homólogo líquido, el cual sí es visible. Basado en los estudios de Da Vinci, el turco Hezarfen Ahmed Celebi (1609–1649) también estudió el vuelo de los pájaros y desarrolló un aparato volador con el que despegó de la Torre de Gálata en Estambul, cruzó el Bósforo y aterrizó en Üsküdar (Tosun Terzioğlu 2007).

Por otra parte, mientras Inglaterra se disputaba con España la supremacía en los océanos en el siglo XVI, el inglés Matthew Baker se inspiró en la naturaleza para la construcción naval. Es decir, al igual que a Da Vinci, la observación práctica de la naturaleza le dio a Baker la idea de construir un casco de barco siguiendo el modelo de la cabeza de un bacalao y la cola de una caballa. Esto proporcionó al galeón Baker una mejor maniobrabilidad y una menor resistencia al avance, posicionando a Inglaterra como una potencia naval (Gibbons 2002).

En el siglo XVIII, Sir George Cayley (1773–1857), un noble inglés que se dedicó a la física de la aviación, como se conocía en ese momento, logró avances en el vuelo auto estabilizado, creando el primer paracaídas funcional. Este fue desarrollado por la observación de la caída de hojas. Particularmente, Cayley se preguntó por qué los frutos caen más rápido que las hojas, y de esta manera encontró la correlación entre el centro de masa desplazado de la hoja y su superficie plegada. Ello ha contribuido a dar forma a lo que conocemos como paracaídas.

En el mismo siglo, Michael Kelly presentó una idea para una de las más infames patentes. Al intentar crear algo para controlar al ganado, se dio cuenta que estos evitaban acercarse a ciertos arbustos por sus espinas. Después de estudiar dichas plantas, creó lo que hoy conocemos como alambre de púas, protagonista clave en las guerras mundiales. Otro trabajo ampliamente reconocido es el de Otto Lilienthal, que estudió el vuelo de las cigüeñas y fabricó los primeros aparatos de vuelo que funcionaron con éxito. Estos fueron utilizados entre 1891 y 1896 para realizar vuelos planeados. Su libro "El vuelo de las cigüeñas como fundamento del arte del vuelo" de 1889, es un clásico de la literatura biónica.

En 1948, el científico suizo Georges de Mestral descubrió el principio de un mecanismo de cierre con lo cual creó el velcro, tal vez el producto biónico más famoso. Cada vez que regresaba de cazar, tanto él como su perro estaban cubiertos de rebabas. De Mestral analizó el mecanismo de cierre de las rebabas bajo un microscopio y transfirió su principio. Esta "invención de la naturaleza" fue patentada con el nombre de velcro, derivado de la palabra francesa *velours*, que significa terciopelo, y *crochet*, que significa gancho.

En 1960, el comandante de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Jack Steel, realizaba una investigación comparativa entre los sistemas naturales y los sistemas sintéticos. Él quería otorgar un nombre a este proceso para el cual no existía un calificativo. Aquí surge el término Biónica, englobando cualquier estudio o desarrollo que intentara emular algún sistema natural como los expuestos anteriormente. Sin embargo, este término logró la popularidad en la década de los 70 mediante el show televisivo "The Six Million Dollar Man", también conocido como "El Hombre Nuclear", donde se presentaba un ser humano con implantes y mejoras cibernéticas que le otorgaban habilidades sobrehumanas. Hoy en día podemos relacionar dicho programa con el transhumanismo, término que trataremos más adelante. Si bien el término biónica no se utilizó en la serie en un inicio, fue su spinoff quien lo llevó a la fama. El último capítulo de la serie "El Hombre Nuclear" fue llamado "The Bionic Woman", donde el término biónica fue usado ampliamente.

Con lo mencionado anteriormente sucedieron dos cosas que fueron parteaguas para el término Biónica: se etiquetó el término como un homólogo de la sustitución de miembros u órganos, perdiendo un poco la esencia con la que fue concebido, pero también logró que esta

área de la ingeniería floreciera, ayudada por el boom, de lo que hoy en día llamamos cultura pop, pues ahora, cuando pensamos en biónica, pensamos en ciencia ficción, ya que este concepto se popularizó de esta manera. Aunque la idea de mejorar el cuerpo humano ha estado presente en la ciencia ficción desde sus inicios, fue hasta la serie de "The Bionic Woman" que se logró relacionar el término con todo aquello que tuviera que ver con la sustituir o agregar partes al cuerpo humano. Esto lo podemos ver en personajes famosos como Luke Skywalker, Darth Vader, Inspector Gadget, Iron Man, Terminator, Robocop, entre otros. También, la Biónica ha sido apoyada por el término Cyborg, cuyos principales exponentes provienen del manga japonés y los videojuegos. Algunos ejemplos son Megaman, Cyborg 009, Astroboy, y Metroid.

Los ejemplos anteriores sirven son precedente de cómo el término biónica dio origen a lo que hoy llamamos Ingeniería Biónica, su evolución y las disciplinas que engloba. Cuando soñamos con poder volar, tener súper fuerza o simplemente volver a realizar alguna actividad para la cual ya no estamos aptos, debemos pensar en la Biónica. Gracias a esta, dichas necesidades o sueños pueden volverse reales ya que se basan en la interacción de la biología, la medicina, la ingeniería mecánica, electrónica, cibernética, informática e inteligencia artificial.

La Biónica se trata de desarrollar sistemas artificiales que sean capaces de imitar las funciones de alguna parte de nuestro cuerpo (prótesis, implantes de órganos, mecanismos para recuperar la movilidad o sistemas que permitan ver o escuchar). Pero la biónica no se limita a estos conceptos. Dicha disciplina también puede emular, copiar y analizar cualquier sistema biológico, desde crear robots que semejen características animales hasta aviones que imiten el nado de las ballenas o la forma de los halcones. La biónica presenta posibilidades solo limitadas por la propia imaginación humana y es por eso que prevalece la idea de que sus aplicaciones solo son posibles en el terreno de la ciencia ficción. Sin embargo, los avances en campos médicos e industriales nos demuestran que la biónica es más real que nunca y más aplicable de lo que jamás haya sido. Además, la Ingeniería Biónica ha contribuido a la evolución de la tecnología. Las cámaras fotográficas y de video buscan imitar el sentido de la vista, mientras que los sensores de gas basan su principio en el olfato. También hay trajes de natación que imitan la piel de tiburón disminuyendo la fricción del agua.

El implante coclear es otro sistema biónico de gran impacto pues ayuda a recuperar la audición en personas con pérdida auditiva profunda. Similarmente encontramos la invención del marcapasos cardíaco, el desarrollo de corazones artificiales que han sido implantados con éxito, y los sistemas de diálisis que benefician a quienes tienen problemas renales. Otro ejemplo son todos los ventiladores mecánicos y nebulizadores, que han existido durante muchos años, pero cuyo uso se incrementó notablemente con la pandemia del COVID-19. Las prótesis biónicas aprovechan los bioseñales generados por el cuerpo para imitar los movimientos biomecánicos del sistema músculo-esquelético con mayor precisión. También destacan los sistemas de monitoreo personal y reutilizables como pulseras o aplicaciones en los celulares, así como las mediciones deportivas que ayudan a los atletas a tener mejor equipo; hay un trabajo biónico cuando un corredor usa zapatillas que mejoran su amortiguamiento y la recuperación de energía.

Cabe mencionar que la Ingeniería Biónica también ha impactado en la industria generando líneas de producción completamente automatizadas con un grado de flexibilidad alto y una capacidad de trabajo colaborativa con seres humanos. Esto solo se puede lograr pensando y diseñando de manera diferente, pues se requieren diseños orgánicos y flexibles en los robots y otros actuadores. Por eso, el ingeniero biónico tiene el reto de mejorar estos diseños para llevar la flexibilidad de las líneas a un siguiente nivel. Así, la industria actual busca espacios más ergonómicos mediante el estudio de biomecánica y mediciones goniométricas, de modo que el trabajador se desenvuelva mejor en su ambiente. Además, se están desarrollando manipuladores más flexibles en robótica colaborativa. Un ejemplo de esto son los desarrollos de Festo Bionics; ellos crearon un brazo manipulador emulando la trompa de un elefante. Otro ejemplo son los grippers en forma de pata de gecko, que presentan un mejor agarre ante varios tipos de piezas; ambos son desarrollos enteramente biónicos.

Por ende, la entrada de la biónica a la industria es más que clara. Si bien algunos expertos mencionan que áreas de la industria como la robótica industrial son ciencias completas (pues se piensa que no podría presentar una evolución significativa y ha llegado a un tope tecnológico), la biónica puede romper ese límite. Esto ya se ha demostrado mediante el uso de músculos neumáticos y alambre muscular, los cuales emulan de una manera muy cercana la musculatura del cuerpo humano. Estos nuevos actuadores acercan a los robots industriales a convertirse en un manipulador muy cercano a los brazos humanos, como siempre se ha pretendido.

En la medicina y áreas de rehabilitación, la ingeniería biónica ha encontrado su lugar ideal, pues no solo puede desarrollar prótesis u órtesis, sino todo aquel aparato que se requiera, ya sea para diagnóstico o implementación en un quirófano o consultorio. Gracias a la integración de la electrónica, mecánica y software, el ingeniero biónico es capaz de realizar este tipo de dispositivos. Además, cuenta con conocimiento anatomía y fisiología, vistas tanto desde la perspectiva médica como de la ingeniería. Por ello, uno de los avances más significativo de los últimos años es el robot médico, con el cual surge la robótica médica. El exponente más conocido de esta área es el robot Da Vinci, nombrado así por las innovaciones proporcionadas por Da Vinci que ya hemos comentado.

El Da Vinci permite operar con niveles de precisión nunca antes vistos. También, posibilita la telemedicina; es decir, usar especialistas y cirujanos que ni siquiera estén en el mismo país que el paciente. Esto es el equivalente a la industria 4.0. Por ello, la inclusión de la biónica en la medicina puede dar origen a una "medicina 4.0", la cual plantea la inclusión de tecnologías como la robótica, internet de las cosas, inteligencia artificial y el uso de aplicaciones para mejorar los diagnósticos, tiempos de respuesta y brindar una mejor ayuda a los doctores en sus actividades diarias. Además, está orientada a la prevención mediante el uso de IA en aparatos de uso diario, como relojes inteligentes.

La veterinaria puede incluirse en la medicina 4.0 pues el ingeniero biónico no solo toma inspiración de los animales, sino que también está en la posición de ayudarlos. Por ejemplo, puede crear aparatos de diagnóstico especializado para animales, así como construir eficientemente prótesis, órtesis, implantes o cualquier sistema de asistencia y ayuda para animales. No podemos minimizar lo anterior pues dichos desarrollos son altamente específicos dada la variedad de especies y la dificultad para diagnosticarlas. Es decir, no cualquier ingeniero puede construir un sistema de apoyo para animales. Por eso, la biónica es ideal en estas situaciones.

Con respecto a las órtesis y prótesis humanas, aún estamos lejos de generar androides o versiones superiores de nosotros. Sin embargo, la biónica nos ha puesto en la ruta del transhumanismo. Nick Bostrom, miembro del World Tranhumanist Association, señala que el transhumanismo es un movimiento cultural, intelectual y científico que afirma el deber moral de

mejorar las capacidades físicas y cognitivas de la especie humana. Este movimiento aboga por aplicar al hombre las nuevas tecnologías para que se puedan eliminar aspectos no deseados y no necesarios de la condición humana como el sufrimiento, la enfermedad, y el envejecimiento. Aunque esto parezca lejano, tecnologías como el robot médico Da Vinci están ayudando a que médicos retirados (ya sea por accidente o edad) recuperen y mejoren sus habilidades para realizar operaciones. Esto se debe a que el Da Vinci compensa y aumenta sus capacidades operatorias, eliminando temblores corpóreos u otras inestabilidades.

Los exoesqueletos son otro elemento de la ciencia ficción que se ha vuelto realidad, con ciertas limitaciones, gracias a la Ingeniería Biónica. Estos son utilizados de cotidianamente en la industria y áreas médicas de rehabilitación pues disminuyen la fatiga y evitan lesiones para trabajadores que realizan actividades de alto impacto en sus articulaciones. En sector construcción ya existen marcas, como Hilti, que venden exoesqueletos específicos para trabajadores del sector. Además, empresas como Toyota, ya equipan a sus técnicos de línea con exoesqueletos para evitar lesiones en la columna y permitirles levantar pesos mayores por más tiempo. También, algunos centros de rehabilitación incorporan exoesqueletos para sustituir bipedestadores y ayudar a pacientes con poca movilidad en miembros inferiores o superiores.

Todo lo anterior no se puede lograr sin la correcta formación de recursos humanos especializados, así como el desarrollo de proyectos de investigación formales. Por ello, el programa de Ingeniería Biónica de la UPAEP proporciona un ambiente multidisciplinario donde los estudiantes adquieren conocimientos de electrónica, diseño mecánico, medicina, veterinaria, software, y ciencias básicas. Dichos conocimientos se ponen en práctica mediante el desarrollo de sistemas análogos a partes del cuerpo humano o animal, como el sistema cardiorrespiratorio, las prótesis, órtesis, e implantes. Así, los estudiantes tienen la capacidad de trabajar y analizar cualquier tipo de bioseñal usando robots u otros sistemas mecánicos. Todo lo anterior se lleva a cabo mediante un biodiseño con el cual se desarrollan mejores productos que incorporan nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y las redes neuronales. Estas tecnologías son útiles tanto en el diseño generativo de piezas mecánicas como en la captura y procesamiento de bioseñales. Entonces, el perfil laboral de los estudiantes de Ingeniería Biónica cuenta con gran versatilidad como para desempeñarse en la industria automotriz y aeroespacial o sectores de desarrollo tecnológico para el sector salud. Al ser sectores con una gran exigencia de valores

morales y éticos, la formación humanista de la UPAEP les proporciona una ventaja competitiva frente egresados de otras universidades.

Fig. 1 Proyectos de estudiantes de Ing. Biónica.

3 Ingeniería Aeroespacial

Es imposible hablar de Ingeniería Aeroespacial en UPAEP -y quizás en México- sin mencionar un suceso que ha significado un hito en la disciplina a nivel nacional (AEM, 2020). Nos referimos al lanzamiento exitoso del primer nanosatélite mexicano, el AztechSat-1, el 5 de diciembre de 2019, diseñado y construido por estudiantes e investigadores de UPAEP en colaboración con diversas instituciones y organismos tales como la Agencia Espacial Mexicana y la NASA.

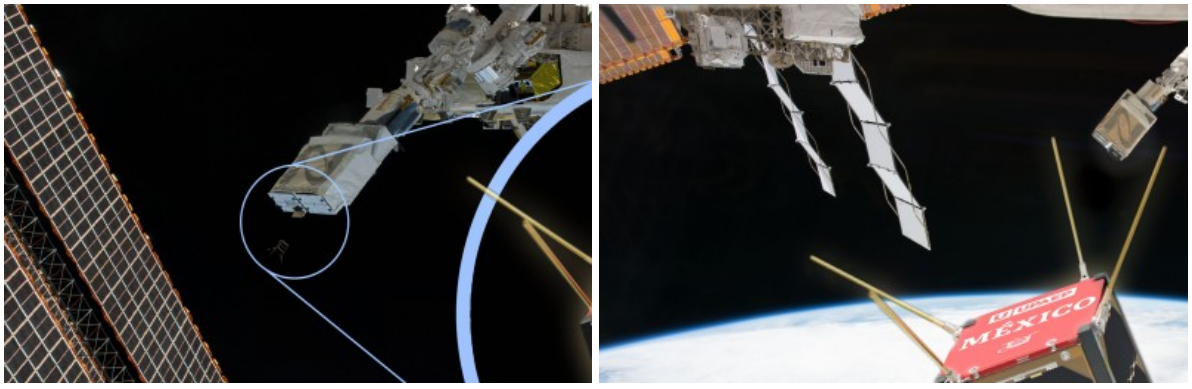

Fig. 2 AztechSat-1 inicia su misión en el espacio.

De acuerdo con lo explicado en (AEM, 2020), la misión del AztechSat-1 estuvo programada en cinco fases:

1. La primera, su desarrollo, que logró aprobar múltiples pruebas estrictas de la NASA.
2. Posteriormente, el lanzamiento, lo cual se realizó de manera exitosa el 5 de diciembre de 2019 desde las instalaciones de NASA en Cabo Cañaveral, Florida, mediante el cohete *Falcon 9* de Space X.
3. La tercera fase representó su llegada a la Estación Espacial Internacional (EEI) el 8 de diciembre de 2019, después de tres días de travesía por el espacio en la cápsula *Dragon*.
4. La cuarta fase se refiere a su despliegue o colocación en órbita, lo cual se realizó el 19 de febrero de 2020, completando así la cuarta fase de la misión, y, por último.
5. La quinta fase resultó en la interconexión satelital con *Globalstar*.

Es inminente que este proyecto inédito, además de ser motivo de orgullo nacional, ha representado un hecho histórico para UPAEP. Pero, ¿qué ha pasado en UPAEP después de 5 años de este lanzamiento?

Actualmente, con la misma importancia que el AztechSat-1, se trabaja en colaboración con la AEM y la agencia espacial japonesa (JAXA, por sus siglas en inglés) en el desarrollo de Gxiba-1. Este último es un CubeSat de 1U que forma parte de los proyectos del laboratorio de Monitoreo y Exploración de Volcanes Activos (MEVA) de UPAEP. La misión de Gxiba-1 consistirá en observar los volcanes activos de México y analizar la dispersión de ceniza, con la finalidad de generar alertas tempranas para la población que habita en las cercanías de algún volcán. Este proyecto se encuentra ya en la etapa de pruebas finales, por lo que se espera su lanzamiento en el año 2025.

Fig. 3 Áreas del laboratorio MEVA.

En cuanto a equipos representativos o estudiantiles, cabe mencionar la participación de los equipos Aerospace UPAEP y Milvus Rocket UPAEP, quienes participan activamente en las competencias SAE Aero Design y el Encuentro Mexicano de Ingeniería en Cohetería Experimental (ENMICE), respectivamente. En estas competencias, se destaca la participación exitosa de Milvus, logrando en 2024 el bicampeonato en lanzamiento con carga útil, con apogeo de 1 km, así como el trofeo de ganadores absolutos en lanzamiento con carga útil. No se trata de un reto menor pues en la última competencia (2023-2024) se contó con más de 50 equipos registrados provenientes de las más importantes instituciones educativas del país.

Fig. 4 Participación de Milvus Rocket en ENMICE 2023-2024.

Aunado a los proyectos y equipos estudiantiles mencionados, resulta relevante destacar acciones de la facultad BAM en la búsqueda de la mejora continua del programa académico de

Ingeniería Aeroespacial, creado en el año de 2016. Tal es el caso de la afiliación de UPAEP al Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA), gracias a lo cual se ha concretado la vinculación para visitas industriales a empresas como Safran, Bombardier, Delastek, entre otras, buscando espacios para que nuestros estudiantes accedan a prácticas profesionales y bolsa de trabajo. Además, en colaboración con la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), se han realizado webinars con ponentes de la facultad y se realizó en 2024, en el Centro de Vinculación UPAEP, el seminario Sé proveedor Aeroespacial, que reunió a decenas de empresas del sector, que buscan satisfacer sus necesidades de proveeduría dentro de nuestro país.

4 Ingeniería Mecatrónica

A medida que la tecnología ha avanzado y evolucionado, los sistemas tecnológicos se han vuelto cada vez más complejos, lo que ha llevado a la necesidad de integrar un mayor número de disciplinas para su desarrollo. Este fenómeno de convergencia multidisciplinaria se evidencia claramente en el origen de la ingeniería mecatrónica, una rama que surge como respuesta a la creciente interrelación entre diferentes áreas del conocimiento. Un ejemplo de este proceso de integración se encuentra en la acuñación del término *mecatrónica* en 1969 por el ingeniero japonés Tetsuro Mori, de la empresa Yaskawa Electric Corporation. Mori utilizó este término para describir la sinergia entre dos campos fundamentales de la ingeniería: la electrónica y la mecánica (Dixit et al. 2016).

La mecatrónica como concepto surge en un contexto en el que la electrónica comenzaba a desempeñar un papel clave en el control y automatización de sistemas mecánicos. En ese entonces, el avance en la tecnología de control y la microelectrónica permitió que los sistemas mecánicos adquirieran una mayor precisión, eficiencia y capacidad de automatización. La mecatrónica, por lo tanto, no solo se constituyó como una fusión de dos disciplinas tradicionales, sino que representó la necesidad de integrar el hardware mecánico con el software de control electrónico, creando así sistemas más sofisticados y autónomos. La mecatrónica nace entonces no como una ingeniería, sino como un enfoque o concepto integrador que ha ido evolucionando de la mano de los avances tecnológicos. A medida que la computación, control automático, electrónica y mecánica se entrelazaron más, el campo comenzó a abarcar más áreas y disciplinas,

evolucionando hacia lo que hoy entendemos como ingeniería mecatrónica. Por lo tanto, en la actualidad el concepto de mecatrónica se refiere a la combinación y la interacción de mecánica, electrónica, control y automatización, así como otras áreas como la robótica, la ingeniería de sistemas y la inteligencia artificial, con el fin de crear sistemas mecatrónicos más inteligentes y más eficientes. Debemos entender un sistema mecatrónico como un sistema que recoge señales, las procesa, y como salida es capaz de generar fuerzas y movimientos (Bolton, 2013). Por lo cual, las partes típicas de un sistema mecatrónico son sensores, transductores, controladores y actuadores, montados en un sistema físico.

Los ejemplos de sistemas mecatrónicos son muy variados, desde cámaras digitales hasta robots inteligentes y vehículos autónomos. A finales de la década de 1990, en México, la Ingeniería Mecatrónica comenzó a consolidarse como una disciplina emergente. La UPAEP fue una de las primeras instituciones educativas en incursionar en esta área, ofreciendo programas académicos en esta especialidad. Esta iniciativa fue impulsada por la creciente demanda de la industria local por el desarrollo de procesos eficientes y automatizados, favorecida además por la proximidad con las principales armadoras automotrices del país. Durante estos años, la disciplina experimentó una nueva evolución gracias a su capacidad para diseñar automatismos e integrar celdas de manufactura avanzadas que requieren de conocimientos en diseño mecánico, circuitería electrónica y programación de controladores lógicos programables y robots.

En sus primeros años, uno de los principales desafíos para los egresados de la Ingeniería Mecatrónica era demostrar sus competencias y habilidades en el ámbito industrial. A pesar de que diversas empresas ya utilizaban dispositivos mecatrónicos, el término *mecatrónica* era relativamente desconocido, lo que generaba incertidumbre sobre cómo clasificar y ubicar a un profesional con esta formación dentro de sus estructuras. La industria no contaba con una comprensión clara de los sistemas que integran la mecánica, la electrónica y la informática, lo que representaba una dificultad para la inserción de los ingenieros mecatrónicos en los equipos de trabajo. Este fenómeno era especialmente notorio en sectores como la manufactura, donde la automatización ya estaba presente, pero no se reconocía bajo la denominación formal de *mecatrónica*. No obstante, esta situación ha cambiado de manera sustancial en las últimas décadas.

Con el crecimiento y la evolución de la Industria 4.0, que integra tecnologías como la automatización inteligente, el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, el concepto de mecatrónica ha ganado una mayor visibilidad y relevancia. La implementación de sistemas automatizados, la robótica avanzada y las soluciones tecnológicas integradas en diversos sectores industriales ha permitido a la ingeniería mecatrónica posicionarse como un pilar fundamental en la modernización y optimización de procesos productivos. Hoy en día, es difícil encontrar una industria que no reconozca la importancia de la ingeniería mecatrónica y la incorporación de sus principios en el diseño y mejora de sistemas automatizados. Las empresas, tanto nacionales como internacionales, están cada vez más comprometidas con la adopción de innovaciones tecnológicas que requieren profesionales altamente capacitados en la integración de sistemas complejos. Como resultado, la demanda de ingenieros mecatrónicos ha crecido de manera constante en los últimos años debido a la necesidad de implementar actualizaciones tecnológicas cruciales en áreas como la manufactura, la automoción, la robótica, la salud y la energía, entre otras.

Con respecto a uno de los sectores más típicos de la ingeniería mecatrónica, es conocido que la industria automotriz está experimentando una profunda transformación, y los ingenieros mecatrónicos se encuentran en la vanguardia del diseño de vehículos autónomos, eléctricos e inteligentes. Es decir, desde los sistemas de conducción autónoma hasta la integración de tecnologías de conectividad, los ingenieros mecatrónicos desempeñan un papel fundamental. La ingeniería mecatrónica es esencial para la implementación de la Industria 4.0, que se basa en la integración de sistemas inteligentes en la producción y la logística, donde nuevamente se puede observar el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Big Data, los sistemas ciber físicos y el Internet de las Cosas, áreas que están transformando todos los sectores industriales. La ingeniería mecatrónica también desempeña un papel relevante en el desarrollo de tecnologías sostenibles, especialmente en el campo de las energías renovables. Los ingenieros mecatrónicos están involucrados en la creación de soluciones que optimicen la eficiencia de estas tecnologías, desde la mejora de la infraestructura de generación de energía hasta la automatización en la distribución y almacenamiento de la misma.

Dentro de las prospectivas para ingeniería mecatrónica se debe considerar también la digitalización de sectores clave como la agricultura, la manufactura y la logística, en los que las tecnologías inteligentes resultan cruciales para la mejora de procesos y la optimización de recursos. Los ingenieros mecatrónicos son responsables de diseñar soluciones tecnológicas que conecten y controlen máquinas, dispositivos y procesos en dichos sectores (D'Addario, 2018).

Es de destacar, de igual forma, que la formación en ingeniería mecatrónica también abre oportunidades para el emprendimiento en el ámbito tecnológico. Los ingenieros mecatrónicos tienen la capacidad de desarrollar *startups* centradas en la creación de productos innovadores en campos como la robótica, los dispositivos inteligentes y las aplicaciones de automatización.

En UPAEP, tenemos el programa de Ingeniería Mecatrónica que sigue el enfoque global y las tendencias en la industria. Al ser una disciplina multidisciplinaria, está planteada para que el estudiante domine el diseño, actualización, modificación de componentes y líneas de producción, fusionando mecánica, eléctrica, electrónica y software. Desde los laboratorios de innovación se pueden desarrollar habilidades globales para diagnosticar, automatizar e implementar soluciones de impacto en el sector industrial, con enfoque ético y humanista. Como ejemplo de aplicación de estas habilidades, podemos citar a la escudería Electratón UPAEP que ha estado en 2023 y 2024 en el top 3 de esta competencia a nivel nacional. Por otro lado, nuestra institución logró en diciembre de 2024 su primer bicampeonato en Lean Challenge Schaeffler, una competencia en la que diversas instituciones educativas de Puebla compiten para resolver retos industriales dentro de la empresa, compitiendo en esta ocasión con el proyecto "Análisis e implementación de un robot colaborativo en un proceso de prensa", mediante un equipo interdisciplinario integrado por María José Limón Domínguez (Ingeniería Industrial), Daniel Hamilkar Ramos Sastré (Ingeniería en Diseño Automotriz) y Laura Zimmermann Soto (Ingeniería Mecatrónica), haciendo evidente la calidad académica y el talento de nuestros estudiantes.

Fig. 5 Equipo interdisciplinario de UPAEP triunfa en Lean Challenge Schaeffler 2024.

Como puede apreciarse, la ingeniería mecatrónica ha pasado de ser un concepto innovador a convertirse en una disciplina fundamental en la creación de sistemas avanzados y automatizados, impulsada por la integración de diferentes tecnologías y el constante avance de las capacidades computacionales y electrónicas. Su historia continúa evolucionando y desempeñando un papel crucial en la transformación digital y tecnológica de la sociedad. En UPAEP estamos al tanto de dicha transformación y es por ello que evolucionamos en conjunto, lo que permite que los estudiantes de ingeniería mecatrónica estén siempre a la vanguardia y preparados para los desafíos globales que las diversas industrias y la sociedad en general pueden presentar.

Conclusiones

En este documento se exploran los antecedentes, logros y desafíos de los programas de Ingeniería Biónica, Aeroespacial y Mecatrónica que se ofertan en UPAEP, remarcando las fortalezas de estos en términos de su demanda, su aplicación en el campo laboral y la constante

demostración del talento de nuestros estudiantes y profesores, quienes a menudo participan en competencias de alto nivel de manera exitosa.

Un elemento clave para prospectar los programas de la facultad BAM y del Decanato de Ingenierías es la próxima inauguración, proyectada para verano de 2025, del complejo de ingenierías. Este es un proyecto ambicioso que consistente en la construcción y remodelación de laboratorios de alto nivel en materia de vehículo eléctrico, potencia y almacenamiento de energía, plásticos, Biónica, Industria Digital, Aviónica, Aero estructuras, Aerodinámica, entre muchos otros. La renovación en infraestructura busca dotar a los estudiantes de habilidades técnicas y prácticas requeridas en el campo laboral. Sin duda, contar con esta fortalecida formación académica será un elemento diferenciador para proyectar a nuestros futuros egresados a importantes oportunidades laborales.

Aunque información recabada por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) sugiere que las carreras -como las de la facultad BAM- relacionadas con Electrónica, automatización y aplicaciones de la mecánica-eléctrica se encuentran en el top-10 de las mejor pagadas en México, resulta interesante remarcar que estas carreras también se encuentran en la categoría de contar con una gran matrícula, lo que de alguna manera condiciona a los directivos de las instituciones educativas a una constante búsqueda de actualización y de vinculación con el gobierno y con la industria, para garantizar a sus egresados las oportunidades para ejercer su profesión, y, en contraparte, para dotar al campo laboral con el talento calificado que se requiere para atender los retos de cada disciplina.

Referencias

AEM. NANOSATÉLITE MEXICANO AZTECHSAT-1 INICIA SU MISIÓN EN EL ESPACIO. COMUNICADO -038-2020, GOBIERNO DE MÉXICO, 2020.

CIMAV. DIAGNÓSTICO Y PROSPECTIVA DE LA MECATRÓNICA EN MÉXICO, SECRETARÍA DE ECONOMÍA, 2007.

BOLTON W., (2013). *MECATRÓNICA. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO EN LA INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA. UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO.* ALFAOMEGA.

D'ADDARIO, M. (2018). *MECATRÓNICA. PROCESOS, MÉTODOS Y SISTEMAS.* COMUNIDAD EUROPEA.

DIXIT, U.S, HAZARIKA, M., DAVIM, J.P. (2016). HISTORY OF MECHATRONICS*, A BRIEF HISTORY OF MECHANICAL ENGINEERING*. SPRINGER.

GAYOZZO, P. (2019). ¿QUÉ ES EL TRANSHUMANISMO?, LA AMPLIACIÓN DEL BIENESTAR A TRAVÉS DEL FUTURO COMÚN DEL HOMBRE Y DE LA TECNOLOGÍA, SOCIEDAD SECULAR HUMANISTA DEL PERÚ, PERÚ.

GIBBONS, TONY; FORD, ROGER; SEVILLANO, MARÍA JESÚS (2002). LA ENCICLOPEDIA DE LOS BARCOS. EDIMAT LIBROS. ISBN 84-8403-155-1.

ISAACSON, W. (2018). *LEONARDO DA VINCI: LA BIOGRAFÍA*. ESPAÑA: PENGUIN RANDOM HOUSE GRUPO EDITORIAL ESPAÑA.

TERZIOĞLU, TOSUN (2007). LOS PRIMEROS INTENTOS DE VUELO, MÁQUINAS AUTOMÁTICAS, SUBMARINOS Y COHETES DE LA HISTORIA DE TURQUÍA.