



¿Realmente estamos haciendo Mecatrónica?

Víctor Darío Cuervo Pinto

Instituto Politécnico Nacional

Nota de autor

Víctor Darío Cuervo Pinto, Profesor de la Academia de Mecatrónica Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional. La correspondencia concerniente a este artículo puede ser enviada a: Av. Instituto Politécnico Nacional, No. 2580, Colonia Barrio la Laguna Ticomán, Delegación Gustavo A. Madero, C.p.

07340, Ciudad de México.

Contacto: vcuervo@ipn.mx

www.espacioimasd.unach.mx

ESPACIO
INNOVACIÓN + DESARROLLO

Para citar este artículo:

Cuervo, V. (2012). ¿Realmente estamos haciendo Mecatrónica?. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 1 (1), 102-115. doi: 10.31644/IMASD.1.2012.a05

Resumen

En el presente trabajo se muestra la existencia actual de una concepción limitada sobre la Mecatrónica. Usualmente se entiende a ésta como una simple combinación de disciplinas. Tal noción se explica gracias a factores históricos y evolutivos. En México y aun en el mundo es necesario hacer énfasis en los beneficios de innovación que traería el adecuado uso de los efectos sinérgicos de las tecnologías y disciplinas que participan en la Mecatrónica. El escenario ideal para el cultivo de los efectos sinérgicos es la solución de las necesidades sociales en forma de proyectos de ingeniería.

Abstract

This paper shows the current existence of a limited conception of Mechatronics. Usually refers to it as a simple combination of disciplines. This notion it is explained by the historical and evolutionary factors. In Mexico and even in the world is necessary to emphasize the benefits of innovation that would bring the proper use of the synergies of technologies and disciplines involved in Mechatronics. The ideal setting for growing synergies is the solution of the social needs presented in engineering projects.

I N N O V A C I O N + D E S A R R O L L O

Introducción

La Mecatrónica es una filosofía⁹ (Grimheden & Hanson, 2005) de diseño (Roberts, 2010) de productos y procesos productivos que se encuentra actualmente en proceso de consolidación. Ha tenido una evolución desde un enfoque exclusivamente práctico hasta aquellos de investigación científica y educativa. En la actualidad prevalece un escaso esfuerzo por lograr la sinergia entre las disciplinas que la conforman. Se debe quizá, en el ámbito educativo, a la paradoja existente entre escoger el camino de la especialización en conocimientos disciplinarios (Grimheden & Hanson, 2005) o escoger el camino del cultivo de la habilidad de integración de esos conocimientos (Acar, 2010). En el ámbito de la industria, quizá, al desconocimiento de las bondades de la sinergia por sí misma. Es pues, pertinente la tarea de la búsqueda de efectos sinérgicos en el diseño de sistemas mecatrónicos.

Origen de la Mecatrónica

Generalmente se acepta que la Mecatrónica nació como una necesidad práctica en la industria, pues el término fue acuñado en la década de 1970 por Tetsuro Mori de la empresa Yaskawa Electric Co., en Japón (Aquino Robles, Corona Ramírez, Fernández Nava, & Cuervo Pinto, 2010). Esto es verdad, si se asume que tal filosofía se originó en el momento en que se acuñó el término. De otra manera, se ha planteado que fue el resultado evolutivo de algunas ingenierías, como lo sugiere la Ilustración 1, (Vantsevich, 2010).

⁹ Aquí, “filosofía” se usa en su acepción de sistema particular de entender la vida (la ingeniería) y todo lo relativo a ella (Diccionario de la lengua española, 2005).

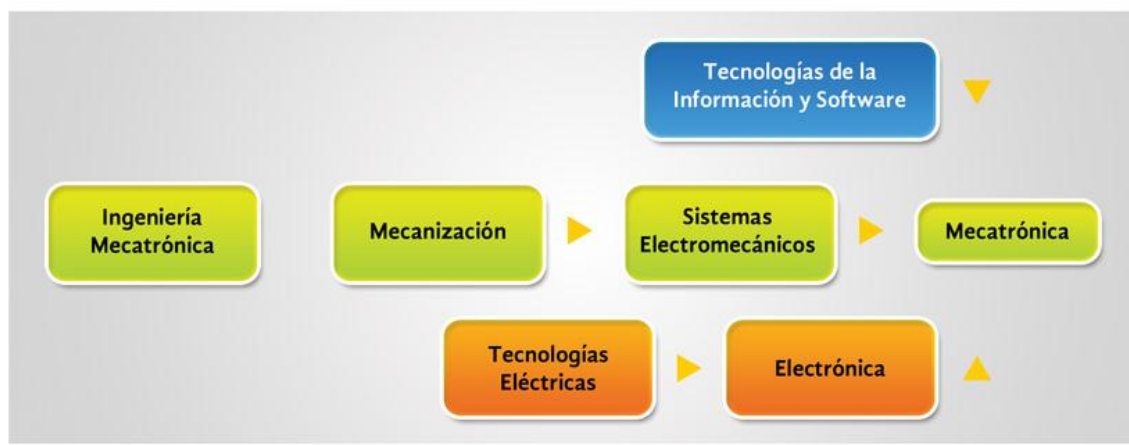


Ilustración 1: Aparición evolutiva tecnológica de la Mecatrónica.

De dicha ilustración puede interpretarse que el advenimiento de esta filosofía de ingeniería fue "natural", dadas las apariciones y el desarrollo de las tecnologías que la componen. Es decir, mediante la aparición de técnicas de mecanización y de tecnologías eléctricas, y basado en la Ingeniería Mecánica, surgió el campo de los Sistemas Electromecánicos. Esta dinámica continuó de forma análoga hasta el nacimiento de la Mecatrónica.

La trayectoria que ha llevado a la Mecatrónica hasta el punto actual, también puede rastrearse a través de sus definiciones a lo largo del tiempo. En sus inicios, con Tetsuro Mori, quizá únicamente se trataba de la unión de la mecánica y la electrónica, como se puede intuir de los componentes de su nombre "*Mecánica*" y "*Electrónica*". Es posible observar que las primeras definiciones de la filosofía que aquí ocupa consistían en un tratamiento de ella "únicamente como una materia interdisciplinaria", en el mejor de los

casos; o como una "unión entre las ingenierías mecánica y eléctrica, la teoría de control y las ciencias computacionales, todas ellas envueltas en una única esfera de ingeniería" (Grimheden & Hanson, 2005).

Entendimiento común de la Mecatrónica

La noción expuesta en el párrafo anterior se encuentra aún arraigada en algunas universidades en México. Por ejemplo, la concepción como "la ingeniería mecánica-electrónica especializada en control, instrumentación y automatización industrial". Vea la Ilustración 2 (ITESM-CEM, 2004).

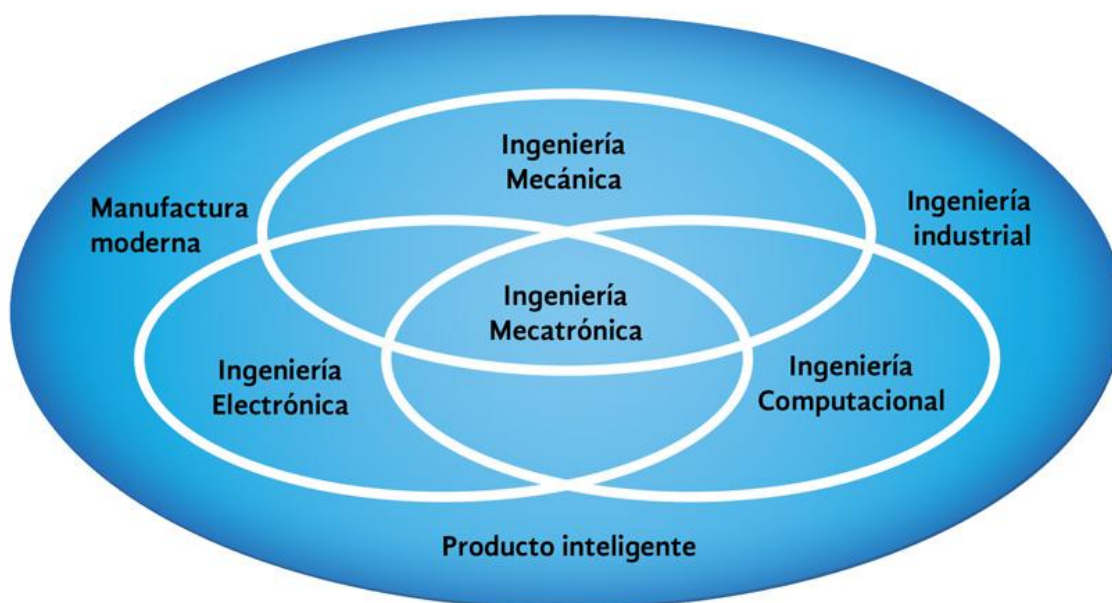


Ilustración 2 Concepto de la Mecatrónica de una institución mexicana.
 INNOVACIÓN + DESARROLLO

Cuando se entiende a la Mecatrónica en estos términos, la preocupación académica se centra en el dominio de una amplia cantidad de tópicos. Esto se ve reflejado en libros de texto que enfocan su atención en la exposición, sin detalle, de varios temas (Bolton, 2010). Incluso los títulos de ciertos libros (Bolton, 2010), (Bradley, 1991) indican un entendimiento pobre de la filosofía en cuestión. Insinúan que la Mecatrónica es solo la adición de electrónica a los productos de consumo o bien del control electrónico a sistemas mecánicos y eléctricos. La unión de disciplinas implica que basta instruir al personal, o al alumnado, con una variedad de conocimientos y tópicos de diferentes ingenierías.

No es extraño encontrar alumnos de semestres avanzados de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional, que exclamen: "¡ah, entonces la Mecatrónica es Automatización!". Decir esto implica una sobresimplificación de la filosofía que aquí se trata y evidencia una perfectible formación en ella. Esto puede deberse a que algunos programas educativos no asumen la responsabilidad de enseñar Mecatrónica, sino que sólo se concentran en enseñar una variedad de temas. De esta manera la responsabilidad de hacer la Mecatrónica queda en el alumno, quien que ni siquiera sabe que tiene esta responsabilidad. Incluso egresados de esta ingeniería afirman que la principal ventaja de la Mecatrónica es la capacidad dialógica entre las ingenierías que convergen en ella (www.facebook.com/dario.cuervopinto/posts/184323054934994). Tal afirmación es apoyada por expertos al decir que la contribución del mecatrónico no debe ser sobreestimada, aunque se reconoce la necesidad de los especialistas disciplinarios para la comunicación de sus ideas de tener un "traductor" entre ellos. Se afirma que el reto de los diseñadores de cursos mecatrónicos es establecer un balance entre el conocimiento a detalle

y la habilidad de actuación en actividades integradoras en un amplio rango de ambientes (Vantsevich, 2010). Otros autores aseguran que los educandos deben recibir conocimiento lo suficientemente profundo en al menos una de las áreas de la tecnología para poder hacer contribuciones efectivas en esa área, al tiempo de asegurar una amplitud de saberes necesaria para darles credibilidad al relacionarse con otros especialistas (Bradley & Russell, *Mechatronics in Action*, 2010).

Internacionalmente, tenemos ejemplos como la Maestría en Ciencias en Mecatrónica en el KTH: "Generalmente los alumnos son reclutados de los programas de ingeniería Mecánica, ingeniería de vehículos y administración industrial. Culmina con un curso completamente organizado por proyectos y con aprendizaje basado en problemas. A los estudiantes se les pide la aplicación de sus conocimientos en un proyecto de tecnología avanzada en colaboración con la industria. De esta manera se enseña a los estudiantes que la Mecatrónica es una filosofía y que difícilmente puede ser enseñada de manera teórica, sino que tiene que ser experimentada" (Grimheden & Hanson, 2005). Note que el concepto de enseñanza es fuertemente práctico.

Otro ejemplo internacional es la Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas Mecatrónicos en la *Lawrence Technological University*, la cual espera que los estudiantes

- i. "aprendan los principios mecánicos en el diseño de sistemas mecatrónicos,
- ii. desarrollen fuertes habilidades matemáticas y de aplicación en dinámica analítica y adaptativa de sistemas mecatrónicos,
- iii. provean conocimiento especializado en las áreas de diseño lógico de sistemas mecatrónicos, de desarrollo de algoritmos de control inteligente y robusto, clásicos

y modernos, y de diseño de sistemas mecánicos en conjunto con sistemas de control,

iv. desarrollen habilidades analíticas en la optimización de sistemas mecatrónicos,

v. aprendan principios de diseño y sean diestros en la implementación de algoritmos de control al *hardware*".

Vea que en ella se privilegia la variedad de temas como noción de enseñanza de Mecatrónica. Esta maestría es impartida colaborativamente por los departamentos de Matemáticas y Ciencias Computacionales, de Ingeniería Eléctrica y de Cómputo, y el de Ingeniería Mecánica, dando con ello un carácter científico a la misma. Al fundir sus prácticas y principios se consigue el

- "modelado matemático de sistemas mecatrónicos dinámicos y su optimización,
- algoritmos de control con lógica robusta e inteligente,
- sistemas mecánicos con *hardware* eléctrico y electrónico,
- programas computacionales para la implementación de algoritmos de control con lógica robusta e inteligente,
- dispositivos lógicos programables".

Por otro lado, en el ámbito industrial, no muchas empresas están dispuestas a aceptar a titulados en Mecatrónica como una importante contribución a los títulos tradicionales (Vantsevich, 2010).

Noción moderna de la Mecatrónica

En los últimos tiempos se ha postulado que el tema principal es el beneficio mutuo entre las disciplinas, es decir "la sinergia entre la ingeniería mecánica de precisión, el control electrónico y de sistemas pensando en el diseño de productos y los procesos de manufactura" (Grimheden & Hanson, 2005). La diferencia radical en este enfoque moderno es el término "sinergia", misma que es definida como la "unión de varias fuerzas, causas, etc., para lograr una mayor efectividad" (Diccionario de la lengua española, 2005), o bien como la "acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales", (Real Academia Española). De ello se deriva que la aplicación de la Mecatrónica deba centrar los esfuerzos en lograr efectos sinérgicos entre disciplinas desde el momento en que se diseña. El cambio no es pequeño ya que implica, en el caso de la unión de disciplinas, sólo la preocupación por las interfaces de subsistemas disciplinarios, y en el caso de la sinergia, el eventual surgimiento de nueva tecnología (Grimheden & Hanson, 2005). La sociedad del conocimiento "requiere innovaciones y cambios en las formas tradicionales de formación, producción, comunicación de la información y en el acceso a servicios públicos y privados" (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2003).

Lograr la sinergia

Bradley & Russell, (Mechatronics in Action, 2010) aun reconociendo la importancia de la sinergia, no la abordan claramente. En ocasiones se propone como medio para alcanzarla a un enfoque de diseño concurrente. Un ciclo de ingeniería concurrente tiene como primer estadio la definición de requisitos. En un segundo estadio conviven el diseño conceptual, el

diseño para la manufactura, la calidad, el diseño para pruebas, el *marketing*, el diseño industrial y el diseño de interfaces. Un tercer estadio lo componen la cristalización del diseño, el servicio y soporte, y los procesos de manufactura. El cuarto estadio es la manufactura y, finalmente, el quinto, el producto terminado. Todos ellos con posibilidad de realimentación en cualquier dirección (Bradley & Russell, *Mechatronics in Action*, 2010). Note que en ningún momento se habla de interdisciplina o de sinergia. De forma más acertada, se afirma que la esencia de la Mecatrónica se logra al considerar a todas las disciplinas juntas desde el inicio del diseño. Sin embargo es posible hacer esto e incluso así no lograr sinergia.

Una forma en la que se puede empezar a resolver la necesidad de la sinergia es la aproximación temática¹⁰ (Grimheden & Hanson, 2005) a la Mecatrónica o bien, asimilar que los cursos de instrucción deben ser orientados al producto (Vantsevich, 2010). Sin embargo se ha mostrado históricamente que en fechas recientes, ninguna institución educativa ha logrado la identidad temática.

La identidad de una disciplina, en el ámbito académico, es la definición de la disciplina misma. La identidad de la filosofía en cuestión ha evolucionado desde un primer estadio de disciplinas separadas, pasando por uno segundo multidisciplinario, luego uno tercero disciplinario cruzado, uno cuarto curricular, uno quinto organizacional y deberá llegar eventualmente a uno sexto temático. Vea la Ilustración 3 (Grimheden & Hanson, 2005). En ella, los círculos representan disciplinas, a saber, Mecánica, Electrónica, Control, etc., que

¹⁰ También llamada "estudio de casos" desde el punto de vista académico (Grimheden & Hanson, 2005).

inician totalmente separadas y se van incorporando entre sí hasta que sus fronteras desaparecen.

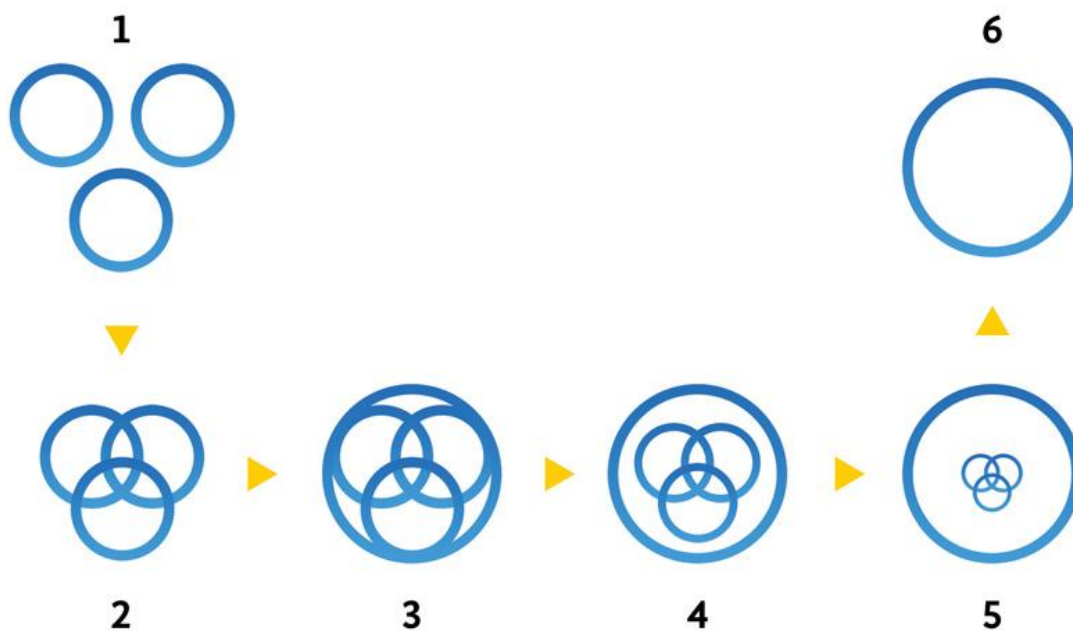


Ilustración 3: La evolución de la Mecatrónica como una disciplina académica.

En el estadio 1 si se da la Mecatrónica es sólo porque las disciplinas que la componen existen y conviven de forma fortuita. En el estadio 2 los estudiantes, por iniciativa propia, toman cursos de diversas disciplinas sólo para ensanchar su campo de acción; sin embargo el sistema educativo sigue teniendo separadas a las disciplinas. En el estadio 3, se encuentra ya un interés por parte del sistema educativo de incorporar cursos de otras disciplinas a una disciplina original, por ejemplo, cursos sobre sistemas eléctricos a ingenieros en mecánica. Tales cursos son llamados "mecatrónicos". El estadio 4 se ocupa de la creación de un currículo entero para Mecatrónica, mismo que intenta satisfacer los

cursos disciplinarios cruzados y que atiende, ya en parte, a la identidad de la Mecatrónica. Note que la identidad disciplinaria va disminuyendo para dar lugar a la identidad temática. La etapa 5 implica una desaparición casi total de las disciplinas originales. Esto es posible gracias a un completo cambio en la organización académica, por ejemplo, con la aparición de departamentos dirigidos por profesorado con experiencia en Mecatrónica. Dicha situación requiere cierto tiempo para su realización. El último estadio implica el tratamiento de la Mecatrónica totalmente como poseedora de una identidad temática. Quizá porque no se ha encontrado alguna institución u organización que haya llegado al último punto, la descripción de éste no se aborda con claridad en Grimheden & Hanson, (2005) . Vemos, así, que incluso en la literatura que denuncia el problema de la falta de la concentración en la sinergia, el problema se deja abierto.

Enseñar un cúmulo de conocimientos y tópicos de varias ingenierías no significa una formación en Mecatrónica, ya que ésta, más que un conjunto de conocimientos, es una filosofía de diseño. Conocer sobre temas de Mecánica, Electrónica, Electricidad y Cómputo, escasamente nos proporcionará una manera particular (una filosofía) para abordar los problemas que tengamos que solucionar mediante el diseño ingenieril.

La sinergia implica trabajar temáticamente. Por contradicción, puede definirse a lo temático como aquello que no implica divisiones disciplinarias, aquello que privilegia la sinergia entre las disciplinas. Puede plantearse que lo temático se logrará cuando y donde la misión de los programas de estudio sea la satisfacción de las necesidades de la industria local y el planteamiento de soluciones a los problemas mundiales. La contribución del ingeniero en Mecatrónica no está sólo en su capacidad dialógica, tampoco sólo en su capacidad de dirección de proyectos, tampoco en el adecuado balance de sus conocimientos

teóricos y prácticos. Su contribución está donde los especialistas en áreas específicas no llegan, en la sinergia. La cual se debe satisfacer en la práctica diaria de la solución de problemas en las situaciones comunes de la industria.

Los problemas reales son interdisciplinarios y complejos (Chávez Tortolero). La identidad temática de la Mecatrónica se logrará exaltando a la sinergia, conceptual y operativamente, abordando necesidades sociales como proyectos. Las necesidades sociales, inherentemente, son temáticas, interdisciplinarias y complejas, no pueden solucionarse con una sola disciplina y su satisfacción óptima cruza por los efectos sinérgicos que otorga la Mecatrónica. Podemos terminar proponiendo la siguiente noción: Mecatrónica es la filosofía que considera desde el inicio del proceso de diseño la participación metodológica, óptima e íntima, según aplicaciones específicas, de las competencias como las electrónicas, las mecánicas y las de control en la obtención de productos y procesos complejos para el desarrollo sostenible.

Referencias

- Acar, M. (2010). The History of the Mechatronics Forum. En D. Bradley, & D. Russel, *Mechatronics in Action*. Springer.
- Aquino Robles, J. A., Corona Ramírez, L. G., Fernández Nava, C., & Cuervo Pinto, V. D. (2010). Trayectoria evolutiva de los criterios de evaluación en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica. *Cuarto Foro Nacional de Ciencias Básicas, UNAM*. México.
- Bolton, W. (2010). *Mecatrónica, sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Alfaomega.

- Bradley, D. (1991). *Mechatronics: electronics in products and processes*. Chapman.
- Bradley, D., & Russell, D. (2010). *Mechatronics in Action*. Springer.
- Chávez Tortolero, M. (s.f.). Educación Ambiental interdisciplinaria, transdisciplinaria y transversal. *4o Congreso Internacional sobre Transdisciplinariedad, Complejidad y Ecoformación*.
- Diccionario de la lengua española*. (2005). Espasa Calpe.
- Grimheden, M., & Hanson, M. (2005). Mechatronics—the evolution of an academic. *Mechatronics*.
- ITESM-CEM. (2004). Obtenido de <http://www.cem.itesm.mx/profesional/imt/caracteristicas/noticias/noticia2>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2003). Documento-marco. *La integración del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior*.
- Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario de la lengua española* (22 ed.).
- Roberts, G. (2010). Preface. En D. Bradley, & D. Russell, *Mechatronics in Action*. Springer.
- Vantsevich, V. (2010). Education in Mechatronics. En D. Bradley, & D. Russell, *Mechatronics in Action*. Springer.

ESPACIO
INNOVACIÓN + DESARROLLO