



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Propuesta metodológica de nuevas estrategias para la formación en instrumentación biomédica en ingeniería mecatrónica e incorporación de insignia digital

María Leyes Sánchez, Osiel Arbeláez Salazar

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

En atención a las nuevas estrategias de formación y retos en la enseñanza en ingeniería, tendiente a dar respuesta a los diferentes escenarios que el sector productivo nacional requiere, se realiza una propuesta para el área de la Ingeniería Mecatrónica, cuya denominación corresponde a las competencias propias del nivel de formación, tales como: optimizar herramientas analizando información previamente recolectada en procesos industriales, presentar propuestas según requerimientos y alcances acordados en la industria y la academia. Lo anterior, ofrece un individuo altamente calificado, el cual puede apoyar las necesidades del sector industrial en el manejo de las tecnologías para la instrumentación y la automatización de procesos industriales, capacidad para maniobrar, mantener, reparar y calibrar los equipos o instrumentos que intervienen en el control industrial, participar y liderar proyectos industriales, introducir en los procesos industriales las tecnologías de cuarta generación que potencialicen las finalidades de las líneas de producción.

La potencialidad del ingeniero mecatrónico en la línea de instrumentación industrial, está arraigado debido a su funcionalidad dentro de la industria, pero por la diversificación de los campos en los cuales son aplicables, se abre paso la consolidación del área de mantenimiento y reparación de equipos, en el análisis del comportamiento de variables físicas como: presión, flujo, temperatura, entre otras, evidenciando una opción para un egreso exitoso, en el énfasis de instrumentación industrial, específicamente en la instrumentación biomédica. La mayor diferencia de un sistema de instrumentación biomédico con otros de uso industrial o aplicación no biológica es la fuente de las señales (ser vivo), pero las magnitudes físicas tenidas en cuenta, a partir del enfoque biopotencial, presión, flujo, dimensiones, desplazamiento (velocidad y aceleración), impedancia,

concentraciones químicas y temperatura, que mantiene su caracterización aleatoria y varían con respecto al tiempo son las mismas.

El programa proporciona una alternativa para identificar y desarrollar etapas de capacitación a profesionales en el manejo de variables biomédicas a partir del establecimiento de los métodos y medios de enseñanza aprendizaje y la aplicación de criterios y procedimientos para la evaluación de los procesos, mediante la implementación de insignia digital con el propósito de atender las exigencias de diferentes sectores, como una versión evolucionada de los diplomas para certificar un conocimiento adquirido en las determinadas áreas de conocimiento o asignaturas que los programas académicos aprueben a través de esta modalidad de formación y que brindan también información transferible y verificable de sus aprendizajes, habilidades y competencias, de esta manera, se potencian los escenarios para las ofertas laborales de acuerdo a los espacios de desenvolvimiento, pues contarán con información verídica porque el expediente será fiable y corresponde a la realidad académica del educando en cuanto a los logros adquiridos durante su tránsito académico por la Institución.

En este sentido, también puede ofertarse como alternativa “Semestre Integrador”, cuyo objetivo es potenciar la comunicación, el aprendizaje autónomo, el trabajo colaborativo, el emprendimiento, la autocrítica, la responsabilidad y la creatividad de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica.

Palabras clave: insignias digitales; mecatrónica; semestre integrador; instrumentación biomédica

Abstract

In response to the new training strategies and challenges in engineering education, tending to respond to the different scenarios that the national productive sector requires, a proposal is made for the area of Mechatronics Engineering, whose name corresponds to the competencies of the training level, such as: optimizing tools by analyzing information previously collected in industrial processes, presenting proposals according to requirements and scopes agreed upon in the industry and academia. The above, offers a highly qualified individual, which can support the needs of the industrial sector in the management of technologies for instrumentation and automation of industrial processes, ability to maneuver, maintain, repair and calibrate equipment or instruments involved in industrial control, participate and lead industrial projects, introduce in industrial processes, fourth generation technologies that best potentiate the purposes of production lines.

The potential of the mechatronic engineer in the line of industrial instrumentation is rooted due to its functionality within the industry, but due to the diversification of the fields in which they are applicable, the consolidation of the area of maintenance and repair of equipment, in the analysis of the behavior of physical variables such as: pressure, flow, temperature, among others, opens the way, showing an option for a successful graduation, in the emphasis of industrial instrumentation, specifically in biomedical instrumentation. The major difference of a biomedical instrumentation system with others of industrial use or non-biological application is the source of the signals (living being), but the physical magnitudes taken into account, from the biopotential approach, pressure, flow,



dimensions, displacement (speed and acceleration), impedance, chemical concentrations and temperature, which maintain their random characterization and vary with respect to time.

The program provides an alternative to identify and develop training stages for professionals in the management of biomedical variables from the establishment of methods and means of teaching and learning and the application of criteria and procedures for the evaluation of processes, through the implementation of digital badge in order to meet the demands of different sectors, as an evolved version of the diplomas to certify knowledge acquired in certain areas of knowledge or subjects that the academic programs approve through this training modality and also provide transferable and verifiable information of their learning, skills and competencies, thus enhancing the scenarios for job offers according to the spaces of development, because they will have accurate information because the record will be reliable and corresponds to the academic reality of the student in terms of the achievements acquired during their academic transit through the institution.

In this sense, "Integrating Semester" can also be offered as an alternative, whose objective is to promote communication, autonomous learning, collaborative work, entrepreneurship, self-criticism, responsibility and creativity of Mechatronics Engineering students.

Keywords: *digital badges; mechatronics; integrating semester; biomedical instrumentation*

1. Introducción

Desde la formación en ingeniería mecatrónica, se quiere incursionar de manera efectiva considerando la integración de líneas de profundización del programa, conociendo que una fortaleza de los estos profesionales es ofrecer servicio de mantenimiento a diferentes dispositivos presentes en el sector productivo, proponiendo visualizar dentro del área de la instrumentación industrial, lo referente a la instrumentación de variables biomédicas, como referente para la medición, en este caso particular de los dispositivos con tecnología biomédica, pero que pueda extrapolar sus resultados a cualquiera de los procesos industriales, donde también se vea pertinente la aplicación de las mismas variables objeto de estudio.

En lo relativo a la capacitación del recurso humano, ofreciendo una propuesta de metodología que pueda dar instrucción al personal correspondiente, para garantizar la optimización en planes de adquisición y renovación de tecnología biomédica, desde la trazabilidad que brinda un proceso de evaluación y valoración que avale la aplicación del marco normativo colombiano a través de la aplicación de las directrices emanadas para la gestión de tecnología por: MinSalud, MinProtección-Social, Superintendencia Nacional de Salud e INVIMA y cumpliendo con la directriz institucional que los cursos propuestos como extensión tecnológica, sean susceptibles de obtención de insignia digital.

Para garantizar el mejoramiento de la calidad en las instituciones prestadoras de salud es necesario garantizar que los instrumentos que acompañan el proceso cuenten con una tecnología en la identificación de las variables biomédicas que evidencie una información confiable para ser vinculados como referente en el diagnóstico y tratamiento de las diversas enfermedades que sufre la población.



Es importante establecer que debido a los altos costos de los equipos con tecnología biomédica y las carencias presupuestales que se vive en el sector salud, las instituciones pueden limitar la vida útil de estos dispositivos solo calificando el insumo financiero y la posibilidad en el tiempo del retorno de la inversión, tratando de buscar una posible optimización del recurso con el mismo valor. La renovación de los dispositivos biomédicos debe siempre estar enmarcados en planes de desarrollo que contengan desde la adquisición, mantenimiento hasta la obsolescencia, aplicando la directriz del Minsalud, que contemple su continua evaluación entorno a las variables biomédicas que son susceptibles dentro de la normatividad (presión y peso).

2. Propuesta metodológica para la formación en instrumentación biomédica a partir de la mecatrónica.

La formación educativa del ingeniero debe estar alineado con la “*nueva normalidad*” establecida después de la experiencia de la pandemia, pero que introdujo grandes cambios en la concepción de perfiles, oferta académica, avances en la ciencia, tecnología y conocimiento, que propone una renovación curricular universitaria, enfrentando una nueva realidad en todos los sectores que intervienen en la educación con un reto continuo de actualización.

La dinámica de saberes pone de manifiesto que debe existir una educación holística, donde se maneje la posibilidad del desarrollo integral desde el contexto social, la resolución de problemas con un enfoque comprometido y responsable, con intervención medioambiental, aportando desde la actitud crítica, con la debida complejidad del entorno, sin abandonar la recursividad y la creatividad que les caracteriza.

La instrumentación biomédica se fundamenta en conceptos propios de la electrónica y la implementación de sistemas en los cuales se aprecie la medición de variables fisiológicas o biológicas relacionadas con el cuerpo humano, estableciéndose que, al realizar la adquisición y acondicionamiento, contribuyan al mejor diagnóstico y tratamiento de los pacientes. La mecatrónica como sinergia de varias áreas del conocimiento, es el vehículo que permite relacionar la mejor estrategia aplicable al diseño, desarrollo e implementación de soluciones a problemas de la cotidianidad, es decir, la instrumentación biomédica surge a través de la mecatrónica, porque permite que la combinación de ambas disciplinas, unificando conocimientos brinden insuperables oportunidades para innovación y/o actualización tecnológica.

Al considerar la instrumentación biomédica como un campo multidisciplinario que requiere conocimiento en diversas áreas como electrónica digital y analógica, teoría de control, sistemas y señales, seguridad eléctrica, biocompatibilidad de materiales y al entender que la mayor diferencia de un sistema de instrumentación biomédica con otros de uso industrial o aplicaciones no biológicas se fundamenta en la fuente de las señales, específicamente que provienen del ser vivo. Pero al considerarse la magnitud física hace referencia a la propiedad física objeto de la medición, que puede clasificarse como biopotenciales, presión, flujo, dimensiones, desplazamiento, impedancia, temperatura y concentraciones químicas.



3. Descripción de la propuesta metodológica para la formación en instrumentación biomédica a partir de la mecatrónica y la certificación como curso de extensión (insignia digital)

El ingeniero mecatrónico desde su formación está capacitado para integrar la mecánica, la electrónica, el control orientado al diseño de sistemas mecatrónicos y las tecnologías de la información. También se capacita para automatizar procesos industriales y mejorar la respuesta en términos de la calidad, la productividad y la competitividad del sector productivo. Por lo anterior, debido a su desempeño, puede establecer los tipos de mantenimiento aplicables a los sistemas mecatrónicos, así como realizar una propuesta de desarrollo de un plan acorde con cada tipología o caracterización particular del sistema en estudio, analizar el mantenimiento de un sistema a partir de la seguridad y la aplicación de la normatividad vigente.

En el sector salud, la tecnología de los dispositivos biomédicos marca la pauta para establecer la característica principal del sistema de salud en su componente de operabilidad. Los aparatos que están presentes en el proceso del entorno biomédico apoyan los factores determinantes como: la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de cualquier enfermedad, pero las instituciones de salud garantizan la pertinencia y calidad de los servicios ofrecidos. La gestión tecnológica de las instituciones incluye procesos que determinan la valoración de nuevas tecnologías, gestión de equipamiento, adquisición, instalación, uso, inventario de equipos, mantenimiento, garantías, análisis de costos, control de costos, relación costo-beneficio y capacitación.

Los procesos de evaluación y adquisición de los dispositivos deben estar socializados con el talento humano en salud, reconociendo que, de su activa participación, se pueden conocer las necesidades actuales y reales, procurando su correcto funcionamiento y el reporte oportuno de posibles fallas.

En Colombia, el marco normativo está fundamentado en lo referente a gestión de tecnología con lo siguiente:

- Ley 100 de 1993: Mediante esta ley se crea el Sistema Integral de Seguridad Social. Regula algunos factores de la tecnología Biomédica.
- Decreto 4725 de 2005.
- Resolución 0434 de 2001 (MinProtección Social)
- Resolución 2003 de 2014 (MinProtección Social)
- NTC ISO 13485
- Noma ISO 14971
- NTC 17025
- Resolución 5039 de 1994
- Decreto 2269 de 1993, se organiza el sistema Nacional de Acreditación, Normalización, Certificación y Metrología, donde se busca promover mercados seguros, de calidad y competitivos con el fin de proteger los bienes y servicios de los consumidores, involucrando a entes de supervisión y control de esta normativa como, (Superintendencia de Industria y Comercio).



- Resolución 8728 de 2001, Por la cual se establece reglas y procedimientos para la acreditación de los organismos de certificación, inspección, de laboratorios de ensayos y de metrología, demostrando que este es técnicamente competente en los servicios que presta.
- Resolución 1043 de 2006 de habilitación en el Anexo técnico 1 Numerales 3.1, 3.2,
- Resolución 2022001026 de 2022.
- Decreto 1889 de 2021.
- Ley 2069 de 2020.
- Resolución 2019035791 de 2019.
- Ley 715 de 2001, (Artículo 42, Numeral 42.3)
- Ley 399 de 1997.
- Ley 100 de 1993, (Artículo 245)
- Ley 9 de 1979, (Artículo 564)
- Decreto 4725 de 2005, (Artículo 39)
- Resolución 2019058384 de 2019.
- Resolución 2020046413 de 2020.

Teniendo en cuenta el anterior marco regulatorio, se propone la metodología de evaluación que incluya los criterios de análisis: técnico, clínico y económico. En este contexto, se menciona que son escasas las empresas prestadoras de servicios de salud que cuenten con un laboratorio para realizar la calibración de sus equipos biomédicos, lo que obliga a acudir a externos para que presten este tipo de servicio ya que la legislación exige que los equipos biomédicos deben portar certificado de calibración para su correspondiente habilitación, cumpliendo con los parámetros del Minprotección, solo algunas variables están incluidas en los procesos metrológicos, tendientes al aseguramiento de las mediciones, interpretación de resultados, métodos de calibración validados bajo norma y evidencien la trazabilidad correspondiente a los patrones internacionales. Específicamente en esta propuesta se trabaja con la presión y el peso.

La metrología industrial es la encargada de garantizar la confiabilidad en las mediciones que se realizan en la industria. Esta aplica en la calibración de equipos de medida y ensayo, en el diseño de un producto o servicio, la inspección de materias primas, proceso y producto terminado. Para el caso particular de la metrología biomédica como parte de la metrología industrial es la delegada para asegurar la validez de las medidas en los equipos médicos y garantizar su correcto funcionamiento, y a su vez siendo parte estándares de acreditación en salud, generando planes de aseguramiento metrológico a nivel institucional. En el país, existen 13 centros de calibración para metrología biomédica ubicados en las principales ciudades como lo son Bogotá, Pereira, Medellín y Cali.

De lo anterior, se propone la realización de programas de mantenimiento de los dispositivos médicos a partir de la orientación y capacitación de profesionales en la medición de variables biomédicas. Logrando el desarrollo de las competencias del ser, el saber y saber hacer en la calibración de parámetros biomédicos y el manejo adecuado de las mediciones para entregar resultados confiables a quienes hacen uso de los equipos biomédicos para realizar labores de diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.

Las etapas consideradas para el desarrollo de la propuesta metodológica son las siguientes:



- Establecer un modelo de adquisición a partir de las fuentes de las señales biomédicas, sensores-actuadores, sin alteración de la magnitud medida y garantizando la seguridad del paciente.
- Proponer una metodología para la adquisición y renovación de tecnología biomédica basada en las variables biomédicas establecidas.
- Establecer el manejo de variables biomédicas a partir del establecimiento de los métodos y medios de aprendizaje y la aplicación de criterios – procedimientos para la evaluación de los procesos.

La metodología aplicada contiene un enfoque cuantitativo, evidenciando que para el alcance de cada etapa se realiza una investigación experimental y aplicada compuesta de conocimientos previos del área de formación, así como de la normatividad, procurando el establecimiento de una realimentación de los procesos, herramientas de adquisición y renovación según su pertinencia. Como oferta de capacitación de educación continua, esta actividad de extensión permite actualización de las tendencias o los avances en instrumentación biomédicas, permitiendo profundizar la formación orientados al desarrollo de nuevas habilidades y competencias. La educación continua es la herramienta para expandir los conocimientos y habilidades en relación con las últimas novedades.

El Sistema de creación y evaluación de Insignias representa la interrelación de los procesos que sostienen los componentes normativos, metodológicos, evaluativos y de acompañamiento tecnológico para la puesta en marcha de la creación de insignias digitales en la Universidad Tecnológica de Pereira. La creación e implementación de las Insignias consta de 3 fases que se alinean directamente con cada uno de los componentes del sistema de creación, seguimiento y evaluación de insignias digitales.

Para el programa de ingeniería mecatrónica, la insignia ofertada debe ser coherente con los resultados de aprendizaje establecidos a nivel de pregrado según sea el caso. Es por ello, que se elige un escenario de transversalidad, bajo este escenario se certifican los resultados de aprendizaje adquiridos por un estudiante en espacios académicos complementarios, los cuáles generan o profundizan una competencia específica.

4. Conclusiones

- La correspondencia con los objetivos de formación propios del profesional en Ingeniería Mecatrónica, genera el conocimiento y desarrolla las habilidades que requiere el profesional para desempeñarse como proponente de soluciones viables a los problemas que se presentan en la Ecorregión del Eje Cafetero en lo referente a los procesos industriales y agroindustriales, adicionalmente, están en capacidad de insertarse en la industria con las competencias profesionales y laborales necesarias para su posible movilidad en todos los mercados y sectores que necesiten de servicios; son correspondientes a los componentes integrados en los aspectos curriculares.



- El estudiante capacitado, puede solicitar su inscripción de recurso humano para el mantenimiento y verificación de la calibración de los dispositivos médicos considerados como equipos biomédicos de tecnología controlada IIB y III (Registro INVIMA).
- La capacitación integra y aplica conocimientos mecánicos, electrónicos y de control en el diseño, desarrollo y mantenimiento de productos, equipos o instalaciones industriales.
- Desarrollar la experticia en la Interpretación de datos experimentales, contrastarlos con los teóricos y extraer conclusiones.
- Considerarse como alternativa “Semestre Integrador”, cuyo objetivo es potenciar la comunicación, el aprendizaje autónomo, el trabajo colaborativo, el emprendimiento, la autocrítica, la responsabilidad y la creatividad de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, poniéndose de manifiesto que solo se recibirá el registro INVIMA, hasta recibir el título en ingeniería mecatrónica.
- Las actividades académicas deben corresponder a las prácticas educativas que se llevan a cabo para el cumplimiento de los resultados de aprendizaje que se plantean para la obtención de la insignia digital.

5. Referencias

- Calderón, L. A. T. (1996). El sistema de salud de Colombia después de la Ley 100. *Colombia Médica*, 27(1), 44-47.
- Casas, M. (2019). Control y evaluación del sistema único de habilitación clínica bajo la resolución 2003 de 2014 para auditoria dentro de la institución prestadora de servicios de salud RMS en la ciudad de Bogotá.
- Castrillón Betancur, D. M., & Álvarez Londoño, I. A. (2017). Cumplimiento a la resolución 2003 DE 2014, IPS MI, Pereira, 2016-2017.
- DL Salud, O. M. DISPOSITIVOS MÉDICOS: La Gestión De La Discordancia. Ginebra, Suiza.
- Franco, G. A., Jaramillo, D., & Barreneche, J. G. (2015). Modelo de capacitación de tecnología biomédica para clínicas y hospitales de tercer nivel, enfocado en personal asistencial. *Revista ingeniería biomédica*, 9(18), 139-144.
- Fresneda Díaz, L. P. (2015). Criterios para adoptar el manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud acorde a la resolución 2003 del 2014 del Minsalud.
- Hermosilla Aedo, DCDP (2018). Aplicación del problema de ajuste en mantenimiento de equipos médicos.
- Puerto Gómez, W. H. El trabajo de grado evaluación de los procesos de gestión de la tecnología en una institución de salud de alta complejidad, en el marco del sistema único de acreditación en salud. Bogotá DC, 2011.
- Rodríguez, C. E. (2013). Acreditación en salud. Normas y Calidad.
- World Health Organization. (2012). Dispositivos médicos: la gestión de la discordancia: un resultado del proyecto sobre dispositivos médicos prioritarios.
- World Health Organization. (2012). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Organización Mundial de la Salud.
- Taylor, K. y Jackson, S. (2005). Un sistema de puntuación de reemplazo de equipos médicos. *Diario de Ingeniería Clínica*, 30 (1), 37-41.
- Universidad Tecnológica de Pereira (2018). Proyecto Educativo Institucional. Pereira.
- Universidad Tecnológica de Pereira (2019). Orientaciones para la renovación curricular. Pereira.



Sobre los autores

- **María Elena Leyes Sánchez.** Ingeniero Electricista, Doctor© en Ciencias de la educación, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología y Facultad de Ciencias Básicas. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira. mleyes@utp.edu.co
- **Osiel Arbeláez Salazar.** Ingeniero Control Electrónico e Instrumentación, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira. osiel@utp.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

