



IX TALLER SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

LA FORMACIÓN PROFESIONAL Y DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

PROFESSIONAL AND POSTGRADUATE TRAINING IN MAINTENANCE ENGINEERING

Estrella María de la Paz Martínez

Estrella María de la Paz Martínez. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas,
Cuba. E-mail: estrella@uclv.edu.cu

Resumen:

La llamada cuarta revolución industrial ha removido también las bases de los procesos de enseñanza-aprendizaje fundamentalmente en las carreras técnicas. El rol "Gestión del conocimiento" adquiere una dimensión diferente en los procesos de toma de decisiones. El presente trabajo tiene como objetivo principal mostrar el panorama actual de la enseñanza de la Ingeniería de Mantenimiento dentro de las carreras técnicas y del posgrado como parte de la formación continua de los profesionales cubanos y como soporte de las nuevas tendencias en Industria 4.0. Se ejemplifica con cinco carreras técnicas que se desarrollan en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Abstract:

The so-called fourth industrial revolution has also removed the bases of the teaching-learning processes, mainly in technical careers. The "Knowledge Management" role takes on a different dimension in the decision-making processes. The main objective of this work is to show the current panorama of the teaching of Maintenance Engineering within technical and postgraduate careers as part of the continuous training of Cuban professionals and as support for new trends in Industry 4.0. It is exemplified by five technical careers that are developed at the "Marta Abreu" Central University of Las Villas.

Palabras Clave: Formación; Posgrado; Mantenimiento 4.0; Industria 4.0.

Keywords: Training; Postgraduate; Maintenance 4.0; Industry 4.0



1. Introducción

El sistema de formación continua de los profesionales cubanos tuvo su origen en las profundas argumentaciones teóricas expuestas por el Comandante en Jefe Fidel en ocasión del III Congreso de la FEU en 1987 y está concebido para operar en eficaz integración con la sociedad.

Sin ánimo de querer explicar los complejos procesos de formación básica y de postgrado de la educación superior cubana, pero considerando el contexto de la llamada “Cuarta Revolución Industrial” cuando se han removido las bases de los procesos de enseñanza-aprendizaje fundamentalmente en las carreras técnicas, el rol “Gestión del conocimiento” adquiere una dimensión diferente en los procesos de toma de decisiones y es preciso abordar estos cambios. El presente trabajo tiene como objetivo principal mostrar el panorama actual de la enseñanza de la Ingeniería de Mantenimiento dentro de las carreras técnicas y del posgrado como parte de la formación continua de los profesionales cubanos y como soporte de las nuevas tendencias en Industria 4.0. Se ejemplifica con cinco carreras técnicas que se desarrollan en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

2. Metodología

Es conocido que en el llamado “Mantenimiento de Quinta generación” se define como objetivo plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de gestión integral del mantenimiento, basado en la Gestión de Activos (Asset Management) y que ello se basa en un enfoque técnico-económico y social que obliga a una gestión integral con visión de sostenibilidad.

En la versión del 2015 de la ISO 9001, dentro de los requisitos para implementar los Sistemas de Gestión de la Calidad [1] se encuentran los RECURSOS y en particular, en su epígrafe 7.1.3 se plantea que la organización debe determinar, proporcionar y MANTENER la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

Con el aumento de la complejidad de las industrias y los procesos se generan enormes volúmenes de información (Big data) de carácter muy heterogéneo, que deben ser procesados para ayudar a tomar decisiones. Se aplica Beam, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial. Se pretende una Industria 4.0 y esto debe incluir necesariamente un “Mantenimiento 4.0”.



Muchas veces se considera que Mantenimiento 4.0 es registrar, procesar y analizar gran cantidad de datos de fallos, implementar mantenimiento predictivo o basado en la condición o filosofías de mantenimiento altamente estandarizadas como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad u otra. Sin embargo, es imposible ver el PROCESO de MANTENIMIENTO aislado del resto de los procesos puesto que es una parte del Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA) y como se ha señalado, integra todas las acciones técnicas, económicas y organizativas para garantizar las funciones de sus activos, por tanto es mucho más.

No solo son los Métodos, o aplicar la Tercerización, o las famosas filosofías de comportamiento humano extendidas en algún país, se trata de la **integración** de todas esas técnicas y acciones con el fin de optimizar la entrega y el rendimiento de los activos físicos, la seguridad para las personas y el ambiente, todo alineado con la ISO 14001 (Sistema de gestión ambiental) y la ISO 31000 (Gestión de riesgos).

En todo este contexto, donde la toma de decisiones eficaces y eficientes depende de innumerables factores, con riesgo y fuerte impacto en diferentes ámbitos, es imprescindible la formación de profesionales, la preparación (entrenamiento), la capacitación, el posgrado y en definitiva la formación continua de las personas que trabajan en mantenimiento que en las industrias por lo general es profesional de la ingeniería porque está claro que esto no se trata solamente de tener instaladas máquinas inteligentes ni es un problema de algunos países más o menos desarrollados. Y entonces, cabría preguntarse: ¿está garantizada la satisfacción de las necesidades cognitivas, capacidades y habilidades que deberían cumplir los profesionales para enfrentar los retos del desarrollo industrial desde la perspectiva de la Ingeniería de Mantenimiento?

Para responder a esta interrogante se parte del análisis del Sistema de formación continua de los profesionales cubanos resuelto por el MES en el año 2019 y vigente. La Resolución [2] se basa en perfeccionar el modelo de formación de perfil amplio, orientando el pregrado hacia el ejercicio de la profesión en la base, lo que debe complementarse con el desarrollo profesional a través de la preparación para el empleo y la formación posgraduada, lográndose una mayor articulación pregrado-posgrado.

El sistema mencionado posee tres componentes:

- Formación de pregrado en carreras de perfil amplio
- Preparación para el empleo



- Formación de posgrado

Se observó la esencia de cada uno de estos tres componentes y se llevó la investigación hacia el cumplimiento de los mismos en carreras técnicas universitarias pero desde la perspectiva de la Ingeniería de Mantenimiento y a las que se da seguimiento posteriormente como parte de la preparación para el empleo y el posgrado. Como aspecto novedoso se hace el análisis de los contenidos y peso específico de las disciplinas y asignaturas en los planes de estudio de 5 carreras, todas ellas de perfil amplio, que se estudian en universidades cubanas, particularmente en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Igualmente se tratan los otros dos componentes del sistema, y todo esto se relaciona con el estado de la preparación de los profesionales en cuanto a Ingeniería y Gestión de Mantenimiento ofreciendo algunas vías para desarrollar las competencias requeridas de los mismos para enfrentar los retos de la cuarta revolución industrial que es conocida como Industria 4.0.

3. Resultados y discusión

Componente: Formación de pregrado en carreras de perfil amplio

La Formación en carreras de perfil amplio, también llamado "eslabón base" fue indicada para asegurar la formación en los aspectos básicos y básicos específicos de cada profesión. Los actuales Planes de Estudio "E" fueron conformados a partir de la revisión de planes de estudio de más de 20 universidades de Europa, Asia, América Latina y EEUU y atendidas las propuestas de profesores de experiencia de nuestro país además de la realización de Talleres de Intercambio con Especialistas de las organizaciones empleadoras. Por supuesto, todo esto se concibió tomando en consideración el marco del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) al 2030 alineado a los ODS. [3].

Resultados fundamentales de los estudios realizados:

- No se cubren totalmente las plantillas aprobadas para cargos en este perfil
- Existe una alta fluctuación del personal
- Bajos salarios, poco reconocimiento de la alta dirección
- Pocas oportunidades para capacitación, actualización de conocimientos, participación en programas académicos y eventos técnicos
- En muchos de los cargos ocupados no se tienen los conocimientos necesarios



- En muchos de los países incluida Cuba, no existe la carrera de Ingeniería y/o Gestión de Mantenimiento, pero uno de los campos de trabajo de cualquier ingeniero puede ser el de la Ingeniería y la Gestión de Mantenimiento.
- El perfil del profesional egresado de las carreras técnicas universitarias no satisface totalmente las competencias requeridas.

No es posible enfrentar el desarrollo industrial sin que los profesionales que se involucran directamente con los procesos industriales estén preparados para eso. Se habla de Industria 4.0, pero entonces debe pensarse también en Mantenimiento 4.0

Es conocido que en el llamado "Mantenimiento de Quinta generación" se define como objetivo plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de gestión integral del mantenimiento, basado en la Gestión de Activos (Asset Management) y que ello se basa en un enfoque técnico-económico y social que obliga a una gestión integral con visión de sostenibilidad.

El propio estándar [1] antes mencionado en su epígrafe 7.1.6 hace referencia a los conocimientos de la organización y refiere que la organización debe determinar los que sean necesarios para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios. Estos pueden basarse en fuentes internas (experiencia, archivos de datos,...) o externas (normas, clientes, manual del fabricante, entre otras).

Planes de Estudio "E":

Se presenta a continuación un análisis de los planes de estudio "E" de 5 carreras técnicas que se estudian en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas desde la perspectiva de la Ingeniería y la gestión del mantenimiento. Ellas son: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Automática, Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica e Ingeniería Industrial. Todas son carreras de 4 años.

El **Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica** [4], contiene la Disciplina "Mantenimiento" que se imparte en el tercer año de la carrera. Aborda la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para sistemas, subsistemas y activos físicos y componentes e incluye la función y el contenido del documento "Orden de Trabajo" y su cierre, contemplando Indicadores técnico económicos de control, planificación y mejora continua. Se exponen aspectos básicos sobre la confiabilidad operacional de sistemas y procesos. Se introducen los sistemas organizacionales Mantenimiento Productivo Total (TPM), Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) y Mantenimiento Predictivo.



Se define la Tribología así como los sistemas y procesos tribológicos incluyendo la interacción de superficies en contacto y aspectos básicos de la fricción sólida y la lubricada. La lubricación, las características y propiedades de los lubricantes y los programas de inspección y diagnóstico y su vinculación con el mantenimiento constituyen conceptos medulares en la disciplina, vinculados al monitoreo de estado y de condición. Se exponen tecnologías predictivas y de diagnóstico tales como el análisis de lubricantes, la termovisión, los ensayos no destructivos y el análisis de vibraciones así como tecnologías para la corrección de defectos predominantes, a saber, balanceo de masa estático y dinámico y alineación de ejes.

En el **Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería Eléctrica** [5], se dedican 2 disciplinas: Generación de Electricidad y Sistemas Electromecánicos dentro de las que se imparten 3 asignaturas: Principios básicos de las actividades de mantenimiento, Confiabilidad y disponibilidad e Indicadores básicos de gestión del Mantenimiento.

En el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería en Automática [6], en las disciplinas: Instrumentación y Sistemas de Computación, se imparten: las normas para el mantenimiento de la instrumentación básica de los procesos tecnológicos industriales y los sistemas de cómputo respectivamente.

En el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica [7], se imparten contenidos que permiten al estudiante participar en el mantenimiento de sistemas de radiocomunicaciones y de circuitos electrónicos de mediana complejidad respectivamente.

En el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería Industrial [8], la Disciplina: Gestión de procesos y cadenas de suministro (se imparte entre 3. y 4. año) se incluye la asignatura: Administración de operaciones Esta incluye el tema Gestión de Mantenimiento donde una de las habilidades a dominar es la confección del plan de mantenimiento. No obstante en el Bloque de asignaturas Electivas se oferta en el 4to. año: Gestión de mantenimiento, Por cierto, esta es una de las más seleccionadas por los estudiantes.

Se aprecia que cada carrera aborda de manera particular los contenidos relativos a Mantenimiento, dándose mayor peso al desarrollo de habilidades, pero en cuanto a contenidos los temas son tradicionales (los clásicos), no hay un abordaje explícito a la integración de este proceso con el resto de los procesos empresariales. Solo en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial hay una alusión explícita a la Industria 4.0,



así es que mucho menos se trata el Mantenimiento 4.0 y realmente en este sentido hay bastante desactualización sobre el tema a cinco años de la confección de estos planes de estudio, lo cual parece lógico ya que es un tema novedoso aun, pero requiere de una atención inmediata de actualización, al menos a nivel del claustro..

Componente: “Preparación para el empleo”

El objetivo de este segundo eslabón es: desarrollar y perfeccionar los Modos de Actuación del recién graduado en el puesto de trabajo. Se lleva a cabo en las Entidades laborales aunque en coordinación con las universidades.

Para desarrollar las competencias requeridas en los profesionales desde la perspectiva de la Ingeniería y la Gestión del Mantenimiento, es muy importante que las empresas “inviertan” en capacitación. Es preciso organizar entrenamientos que se generen en las propias entidades con su personal más experimentado y en el propio puesto de trabajo.

Se debería fomentar, además:

- Reconocimiento a los resultados y desempeño laboral.
- Alentar el emprendimiento y la innovación. Fomentar el trabajo en equipo en la toma de decisiones y las acciones de mejora.
- Oportunidades para el intercambio de experiencias con especialistas de otras entidades del país y de otros países (internet, días dedicados a la “técnica” en su propia entidad, eventos técnicos en el país y fuera de él). Cada año se celebran eventos relacionados con mantenimiento y confiabilidad en casi todos los países del área panamericana y en otras latitudes.

Componente: “Formación de posgrado”

El eslabón más alto de este sistema lo ocupa la Formación de Posgrado. Esta abarca la especialización, reorientación y actualización de conocimientos; está dirigida a promover la educación permanente de los graduados universitarios. Desde cursos hasta doctorados. No solo enmarca el proceso de enseñanza aprendizaje, sino también de investigación e innovación. En varias universidades latinoamericanas se desarrollan programas de maestría que abordan la Ingeniería y la gestión del mantenimiento. En Cuba también se han desarrollado programas académicos en esta materia, tales como: Ingeniería y gerencia de mantenimiento, Gestión de los servicios técnicos del Turismo, Ingeniería Industrial: mención Mantenimiento y Mantenimiento y Reacondicionamiento de Máquinas. Sin



embargo, estos programas son cada vez más escasos, no se aprecia una estabilidad y sistematicidad en programas académicos en las temáticas de Mantenimiento y Confiabilidad.

No obstante, numerosos proyectos, tesis de maestría [9], [10], y doctorados [11], se han realizado en nuestro país en la temática de mantenimiento y la confiabilidad, enfocados a la investigación y a la innovación en mantenimiento de empresas industriales y de servicios públicos. También en publicaciones periódicas se reflejan resultados prácticos obtenidos e introducidos que han permitido acciones de mejora en diferentes entidades. [12], [13], [14]. Todo esto demuestra el gran impacto que tiene el abordaje de este tema en la solución de problemas.

4. Conclusiones

1. Para enfrentar esta meta del desarrollo industrial que es la Industria 4.0 (y su correspondiente Mantenimiento 4.0) se requiere que la alta dirección de las empresas tenga la voluntad de invertir en formación, capacitación y actualización de conocimientos y que cada vez la educación técnica media y superior se parezcan más a las necesidades del conocimiento.
2. Puede apreciarse de la estructura de los planes de estudio de las 5 carreras ejemplificadas que, aunque se aborda en todas, no es similar el peso específico que tiene la temática Mantenimiento en las mismas, apreciándose que en la de Ingeniería Mecánica está mejor diseñada en cuanto a contenidos y habilidades (aunque en una sola Disciplina), en otras hay asignaturas o contenidos dentro de asignaturas y en la de Ingeniería Industrial solo se tocan aspectos muy específicos dentro de un tema, aunque a su favor tiene una de las asignaturas "Electivas" que es más seleccionada por los estudiantes.
3. Para desarrollar las competencias requeridas en los profesionales desde la perspectiva de la Ingeniería y la Gestión del Mantenimiento, no es el posgrado universitario el único camino, las empresas deben utilizar las variadas vías de capacitación, ya sea con el apoyo de las universidades y otros centros autorizados a impartir posgrado y otras formas secundarias, así como a través de entrenamientos en el puesto de trabajo.

5. Referencias bibliográficas

1. ISO. ISO 9001:2015. Gestión de la calidad — Sistemas de Gestión — Requisitos. <http://www.iso.org> 2015.



2. GOC-2019-775-O65. Ministerio de Educación Superior. RM No. 138/2019. Modelo de Formación Continua de la Educación Superior Cubana. 2019.
3. CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN. “Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) al 2030 alineado a los ODS”. Cuba, 2022.
4. MES. Plan de Estudio “E” de la Carrera de Ingeniería Mecánica. Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2018.
5. MES. Plan de Estudio “E” de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2018.
6. MES. Plan de Estudio “E” de la Carrera de Ingeniería en Automática. Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2017.
7. MES. Plan de Estudio “E” de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2017.
8. MES. Plan de Estudio “E” de la Carrera de Ingeniería Industrial. Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2018.
9. ZALDÍVAR MARTÍNEZ, Mayrelis. “Procedimiento para la gestión del mantenimiento de inmuebles. Caso de estudio Piso de Venta Especial La Placita”. Directores: Dr. C. Ángel Tomás Pérez Rodríguez y Dr. C. Estrella María de la Paz Martínez. Tesis de maestría en Ingeniería Industrial mención Producción. Universidad de Holguín. Cuba, 2021.
10. MALVAREZ MAURE, Dianelys. “Gestión del mantenimiento al fondo habitacional precario de la provincia de Ciego de Ávila”. Directores: Dr. C. Estrella María de la Paz Martínez y Dr. C. Rigoberto A. Pérez Reyes. Tesis de maestría en Ingeniería y Gerencia del Mantenimiento. Universidad de Ciego de Avila. Cuba, 2023.
11. PÉREZ PÉREZ, Marian. “Gestión del proceso de mantenimiento con enfoque sostenible en empresas de transformación del plástico”. Directores: Dr. C. Estrella María de la Paz Martínez y Dr. C. Ángel Tomás Pérez Rodríguez. Tesis de Doctorado. Universidad de Holguín, Cuba. 2022.
12. PÉREZ, Marian, PÉREZ, Ángel y DE LA PAZ, Estrella M. “Contribución del mantenimiento con enfoque sostenible al control de la calidad en la industria del plástico”. Tecnología Química. 2021, vol.41, no.1. Versión On-line ISSN 2224-6185. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000100232



IV Convención Científica Internacional UCLV 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
TÍTULO

13. DÍAZ, Ronald., DE LA PAZ Estrella M., y DELGADO, D.R. [2019]. “Algoritmo para la programación integrada Producción – Mantenimiento preventivo en máquinas paralelas idénticas”. Revista “Ingeniería Industrial” ISPJAE, Cuba. ISSN: 1815-5936. Indexada en: SciELO, Latindex, Dialnet y Directory of Open Access Journals –DOAJ. Número 3, volumen XL del 2019. URL: <http://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/481>
14. ESPINOSA, José, DE LA PAZ, Estrella M., PÉREZ, R. y ACOSTA I. [2020]. “Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica”. Revista “Centro Azúcar” UCLV. 2020 Vol. 47. No. 1. ISSN: 2223-4861. Editorial Feijoó. Disponible en <http://centrozucar.uclv.edu.cu> Referenciada por: SciELO.