



Evaluación de los contenidos de Ingeniería de Mantenimiento en la formación del Ingeniero Eléctrico en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo

Assessment of the Maintenance Engineering contents in the Electrical Engineering carrier at Santo Domingo Institute of Technology

Miguel Aybar Mejía

Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)
miguel.aybar@intec.edu.do

Alfredo Del Castillo Serpa

Universidad Tecnológica de la Habana
acastillo@cemat.cujae.edu.cu

Armando Díaz Concepción

Universidad Tecnológica de la Habana
adiaz@ceim.cujae.edu.cu

Leisis Villar Ledo

Universidad Tecnológica de la Habana
leisis@ind.cujae.edu.cu

Julio Cabero-Almenara

Universidad de Sevilla
cabero@us.es

RESUMEN.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar si se requiere fortalecer la competencia profesional en ingeniería de mantenimiento en la formación del ingeniero eléctrico del Instituto Tecnológico de Santo Domingo de acuerdo con las tendencias actuales de la ingeniería de mantenimiento y requerimientos del mercado laboral de estos profesionales en la República Dominicana. Los instrumentos que se utilizaron fueron: matriz de ponderación, encuesta estratificada a egresados de la carrera, entrevista semiestructurada a los profesores de grado de la carrera y el método Delphi (consulta de experto). Como resultado, se observa que se requiere identificar de forma explícita e intencionada la formación de la competencia “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento” en los egresados de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Santo Domingo, por lo que se requiere perfeccionar el diseño curricular.

PALABRAS CLAVE.

Competencias, ingeniería de mantenimiento, encuestas, diseño curricular, Delphi.



Fecha de recepción: 16-10-2017 Fecha de aceptación: 30-10-2017

Aybar, M., Del Castillo, A., Díaz, A., Villar, L., y Cabero-Almenara, J. (2018). Evaluación de los contenidos de Ingeniería de Mantenimiento en la formación del Ingeniero Eléctrico en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo
International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 10, 108-125

ISSN: 2386-4303





ABSTRACT.

The main subject of this research was to determine if it is necessary to strengthen the professional competence in maintenance engineering in the academic training of the electrical engineer of the Santo Domingo Institute of Technology (Instituto Tecnológico de Santo Domingo) in accordance with the current tendencies of the maintenance engineering and labor market requirements of these professionals in the Dominican Republic. The instruments used were: weighting matrix, stratified survey for career graduates, semi-structured interview to career undergraduate professors and the Delphi method (expert consultation). As a result, it is observed that it is necessary to identify explicitly and intentionally the formation of the competition "design, create and optimize maintenance programs" in the Electrical Engineering graduates of the Santo Domingo Institute of Technology, which requires perfecting the design curricular.

KEY WORDS.

Skills, maintenance engineering, survey, curriculum design, Delphi.

1. Introducción.

La concepción del mantenimiento a nivel mundial ha evolucionado desde una proyección reactiva a ejecutar actividades proactivas, con una visión de negocio que aseguren la competitividad de la organización. Cumplir con estas expectativas requiere adoptar nuevas maneras de pensar y actuar, así como de la aplicación de herramientas y métodos que sirvan de soporte para la toma de decisiones durante la fase operación – mantenimiento. (Améndola, 2003; Viego et al, 2015, Benítez Montalvo et al, 2016).

El desarrollo en infraestructura y servicios que ha experimentado la República Dominicana ha llevado a los centros de educación superior a preparar a los profesionales con las competencias necesarias para ser capaces de analizar problemas de manera analítica. En tal caso, en la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Santo Domingo, INTEC, se ha elaborado un programa de asignaturas que va enfocado a entregar un profesional con la capacidad para asesorar, analizar, diseñar, automatizar, solucionar, gestionar y crear políticas en asuntos de generación, suministro y utilización de la energía eléctrica. Dentro de las competencias que deben adquirir los egresados de Ingeniería Eléctrica del INTEC al terminar su programa de formación profesional está "diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento". (INTEC, 2015).

Como lo explica Pirela et al (2014), las universidades deben garantizar que sus estudiantes desarrollen las competencias necesarias para aprovechar eficazmente los recursos informativos, no sólo para su formación profesional, sino para favorecer un aprendizaje permanente a lo largo de toda su vida, lo que les permitirá permanecer incluidos socialmente. Claro está que por eso los autores de esta investigación consideran que para el desarrollo de competencias; además de contarse con la participación de los miembros de la comunidad universitaria, debe existir una retroalimentación más participativa por parte de los egresados de las carreras. En el caso que se estudia, los egresados de la carrera de ingeniería eléctrica del INTEC, con sus vivencias y experiencias del mercado laboral actual





pueden enriquecer los programas de clases según lo que espera el mercado laboral de la República Dominicana.

La universidad INTEC, en el pensum actual de la carrera de Ingeniería Eléctrica, como se menciona anteriormente, como una de las competencias que deben desarrollar los egresados al terminar su programa de formación profesional es “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento”. Como resultado de revisar los programas de clases de cada una de las asignaturas del ciclo profesional (ciclos de asignaturas enfocadas a desarrollar las competencias en el área de ingeniería eléctrica) por parte de los autores, se observó que se requiere identificar de forma explícita e intencionada la formación de dicha competencia ya que la misma no queda muy explícita.

Sobre la base de lo anteriormente explicado, surgió la necesidad de verificar cómo se ha desarrollado dicha competencia en el área de mantenimiento y valorar el impacto de la misma en el desarrollo profesional de los ingenieros eléctricos egresados del INTEC. De los resultados de las encuestas realizadas a los egresados sobre sus competencias, las necesidades de la industria y lo que dice el pensum de la carrera de Ingeniería Eléctrica en el INTEC, se demostró la necesidad de la adecuación del pensum de dicha carrera.

2. Materiales y Métodos.

Para valorar si existe la necesidad de perfeccionar la competencia “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento”, existen diferentes metodologías de evaluación e instrumentos de recolección de datos. En cualquiera de los dos casos, para poder ser usados en una investigación científica, deben cumplir con diferentes requisitos básicos: confiabilidad, validez y objetividad, (Hernández, 2006).

Para el perfeccionamiento de la competencia a evaluar en esta investigación, se requiere hacer una sinergia de las experiencias y conocimientos de los egresados, de los profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica y del personal experto en el área de mantenimiento, (Domínguez y Mónica, 2016). Para la recolección de dichas experiencias existen diversos instrumentos que pueden ser usados para agrupar y analizar la información, entre los cuales se pueden mencionar observaciones directas, encuestas, entrevistas, grupo focal, análisis de contenido y datos secundarios (Hernández, 2006). Para la recolección de los datos utilizados para esta investigación se emplearon encuestas y entrevistas tanto a profesores como a egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica del INTEC, así como la consulta de expertos (Cabero y Barroso, 2013) y la revisión de fuentes secundarias.

Debido a que cada asignatura en la carrera de Ingeniería Eléctrica cumple con objetivos y competencias específicas las cuales sirven para fomentar el desarrollo de la competencia general de los estudios que se declara en los siguientes términos: “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento”; los autores después de realizada una revisión bibliográfica, necesitaron un instrumento que pueda identificar los vínculos entre los objetivos de cada asignatura y la competencia estudiada, y para tales fines se concibió el uso de la matriz de ponderación.





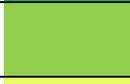
2.1. Matriz de evaluación o rúbrica para las materias del ciclo profesional de la carrera de Ingeniería Eléctrica del INTEC.

Uno de los instrumentos utilizados fue la “Escala de calificación” (o nivel de ejecución). La escala de evaluación determina el peso que cada criterio o descriptor recibe al valorar el concepto (Pirela et al., 2014). En este estudio la ponderación que se utilizó para evaluar el impacto de los conceptos del programa de las asignaturas sobre el desarrollo de la competencia de diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento fue: 0 = nulo, 1=bajo, 2 = medio, 3 = alto y 4=muy alto

2.2. Valoración de los objetivos de las asignaturas.

Se evaluó la pertinencia que tiene cada objetivo específico que se describen en cada uno de los programas de clases de las diferentes asignaturas del ciclo profesional de la carrera de Ingeniería Eléctrica con la competencia estudiada en esta investigación. En la Tabla 1 se presentan los rangos usados en la investigación para ponderar la relación que existe entre cada una de las asignaturas y la competencia estudiada.

Tabla 1 Valoración y rangos de la ponderación (Elaboración propia).

Rangos magnitud	Color	Rangos
Muy alta		ponderación ≥ 30 puntos
Alta		12 puntos \leq ponderación ≤ 29 puntos
Moderada		11 puntos \leq ponderación ≤ 5 puntos
Baja		4 puntos \leq ponderación ≤ 1 puntos
Ningún aporte		0 puntos \leq ponderación

2.3. Encuesta a egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica del INTEC.

Los datos sobre las cantidades de egresados a encuestar se determinaron en base al registro anual que tiene el INTEC sobre los egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica desde el año 2007 hasta el 2014. Para la determinación del tamaño de la muestra se fijó un error del 10 % y un nivel de confianza de 90%, ya que los mismos están dentro de los valores típicos que suelen utilizarse en estudios similares. Se seleccionaron los elementos de la muestra a partir de un muestreo aleatorio simple (López, 2004; Sampieri, 2006, Osadebe, 2015).

2.4. Método de recolección de los datos a egresados.

Se diseñó un instrumento tipo encuesta con preguntas en escalas Likert y binarias. Para la construcción de la escala tipo Likert, desde el punto de visto psicométrico y estadístico, se recomienda que los niveles de respuesta (k) usados dentro del listado preestablecido sea entre $4 \leq k \leq 7$. Para el caso de esta investigación el nivel adoptado fue de 5 opciones para la repuesta, ya que el uso de número impar de opciones para la repuesta permite reducir la



incertidumbre de equivocarse al seleccionar una repuesta. Para la confiabilidad del instrumento se utilizaron dos métodos, en dependencia de la escala de medición de los ítems analizados:

1. Coeficiente Alfa de Cronbach: Es un índice de consistencia, su estimación se realiza a partir de la correlación promedia entre los ítems de un instrumento. Este índice a medida que se acerca a 1 pone de manifiesto que la fiabilidad o confiabilidad del instrumento se aproxima a su valor máximo (Domínguez, 2012; Bojórquez et al, 2013). El mismo puede ser aplicado en instrumentos con escala Likert.
2. Método Kuder-Richard (KR-20): Técnica para el cálculo de la confiabilidad de un instrumento aplicable sólo a investigaciones en las que las respuestas a cada ítem sean dicotómicas o binarias, es decir, puedan codificarse como 1 ó 0 (Correcto – incorrecto, presente – ausente, a favor – en contra, etc.) (Parthiban, y Rodrigues, 2015).

2.5. Entrevista a profesores de asignaturas del ciclo profesional.

Una vez entrevistados los profesores del INTEC se procedió a determinar qué es significativo, y a partir de allí se reconocieron patrones en los datos cualitativos y se transformaron esos patrones en categorías significativas y temas (López, 2004), relacionados al desarrollo de las competencias en el área de mantenimiento en los futuros egresados.

2.6. Método Delphi o Consulta de experto.

La consulta a expertos (García y Palomares, 2012; Cabero e Infante, 2014; Brady, 2015), fue una de las estrategias utilizadas en la investigación para la recogida de información de los expertos. Y para la selección de éstos se adoptaron los siguientes criterios:

- 1) Experiencia laboral y profesional sobre el mantenimiento.
- 2) Experiencia formativa superior a cinco años.
- 3) Laborar en áreas donde se aplique ingeniería de mantenimiento.

Este método se estructuró en base a dos rondas, con el objetivo fundamental de obtener la mayor parte de la información sobre los puntos a mejorar en la competencia objeto de estudio en el estudiante de Ingeniería Eléctrica. Luego de completar las preguntas correspondientes, cada experto llenó algunas preguntas con datos personales para discriminar las respuestas - en este caso, los pronósticos - según aspectos tales como la edad, el sexo, la ocupación y la pertinencia del mismo en el área de ingeniería de mantenimiento. etc.

Los temas abordados fueron torno a las siguientes temáticas:

- ¿Qué debe saber-ser?
- ¿De qué forma tiene que saber-hacer?
- ¿Cuál es la pertinencia de diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento en la formación de los ingenieros eléctricos?



El cuestionario realizado a los expertos estuvo dirigido a evaluar tres dimensiones:

1. perfeccionar la competencia evaluada en la investigación.
2. pertinencia, esto es, la medida en que se demuestre que factible perfeccionar las competencias de mantenimiento en el perfil del egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica.
3. factibilidad, con esto se pretende entregara a la sociedad profesionales con los conocimientos necesarios para afrontar temas de mantenimiento en todas las ramas de la ingeniera eléctrica.

Determinación de la experticia de los expertos.

Para su selección definitiva se aplicó el denominado “Coeficiente de Competencia Experta” (García y Palomares, 2012; Cabero y Barroso, 2013). Cuyo cálculo “se efectúa a partir de la opinión mostrada por el experto sobre su nivel de conocimiento acerca del problema de investigación, así como de las fuentes que le permiten argumentar el criterio establecido.” (29).

Su obtención se lleva a cabo mediante los cálculos de los coeficientes de Conocimiento (Kc) y de argumentación (Ka) donde:

- Kc, es el coeficiente de conocimiento que tiene el experto sobre la temática que se aborda, el cual se calcula mediante la autovaloración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0.1
- Ka, es el coeficiente de argumentación o fundamentación de cada experto se utiliza para evaluar la correspondencia del experto con el tema a desarrollar, los factores más comunes a evaluar en este coeficiente aparecen en la tabla 2.

Tabla 2 Patrón para el cálculo coeficiente de argumentación o fundamentación.

Fuentes de argumentación	Alta	Medio	Baja
Análisis teórico realizado por usted.	0.3	0.2	0.1
Análisis prácticos y ensayos realizados por usted.	0.5	0.4	0.3
Estudio de trabajos sobre el tema.	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el extranjero.	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento acerca del estado del problema en su país.	0.05	0.05	0.05
Su intuición sobre el tema abordado.	0.05	0.05	0.05

A partir de los coeficientes anteriores se obtuvo el coeficiente de competencia del experto K. Este se calcula a través de la ecuación 1:

$$K = 0.5 * (Kc + Ka) \quad 1$$





Para la aceptación o rechazo del experto, se tiene en cuenta la siguiente clasificación (García y Palomares, 2012; Cabero y Barroso, 2013):

El código de interpretación de tales coeficientes de competencias es:

Si $0,8 < K < 1,0$ coeficiente de competencia alto

Si $0,5 < K < 0,8$ coeficiente de competencia medio

Si $K < 0,5$ coeficiente competencia bajo

Por lo general se adopta el criterio de selección la obtención de puntuaciones superiores a 0,80; indicar desde el principio que en nuestro caso los 7 contemplados superaron dicho valor.

Análisis clúster o de conglomerados

Finalmente se aplicó el análisis de clúster para la configuración de los elementos que se cohesionaban y que permitiera por tanto el establecimiento de un número de grupos idóneos. Siendo para ello este tipo de análisis uno de los más significativos para el agrupamiento jerárquico de los datos, presentando las ventajas de que permite facilidad y eficiencia de agrupamiento de datos, además que parte del estado inicial y se aplica criterio para decidir que grupos unir o separar en cada paso fue el método utilizado. (Cuadrado et al, 2015)

3.- Resultados y discusión.

Para facilitar la comprensión de los resultados se presenta inicialmente los indicadores y dimensiones que son el eje de la investigación sobre cómo impacta la formación actual del ciclo profesional del egresado de Ingeniería Eléctrica del INTEC, en la competencia de “crear, diseñar y optimizar planes de mantenimiento”, en la tabla 3 se presentan los resultados alcanzados.

Tabla 3 Indicadores y dimensiones de la investigación

Indicador	Dimensión
Contexto operacional de los egresados	Sector comercial de trabajo Uso planes de mantenimiento
Evaluar el conocimiento sobre ingeniería de mantenimiento de los egresados	Experiencia profesional en la ingeniería de mantenimiento
Impacto de la ingeniería de mantenimiento en la empresa	Enfoque de mantenimiento en su empresa Cómo se dirige la función de mantenimiento en la empresa
Impacto de la universidad en el conocimiento de la ingeniería de mantenimiento	Influyó en el desarrollo de competencias en el área de mantenimiento Asignaturas que tributaron en los conceptos de mantenimiento Consideración sobre la competencia de mantenimiento en la formación del ingeniero eléctrico





El siguiente paso fue el análisis del impacto que tiene cada asignatura en el “pensum de la carrera de Ingeniería Eléctrica, y para ello se construyó un matriz de ponderación, presentándose los resultados en la figura 1. Se hace necesario aclarar que este resultado fue usado solo como punto de partida para establecer la relación existente entre cada una de las competencias específicas que tienen actualmente los programas de clases de las asignaturas del ciclo profesional de la carrera y para posteriormente analizar como las mismas se relacionan con las competencias específicas del egresado. La utilización de esta herramienta tuvo como limitante que sus resultados solo reflejaron estas relaciones, sin evaluar a profundidad otras variables, que pudieran intervenir en el aprendizaje de los estudiantes durante su proceso de formación profesional en el INTEC.

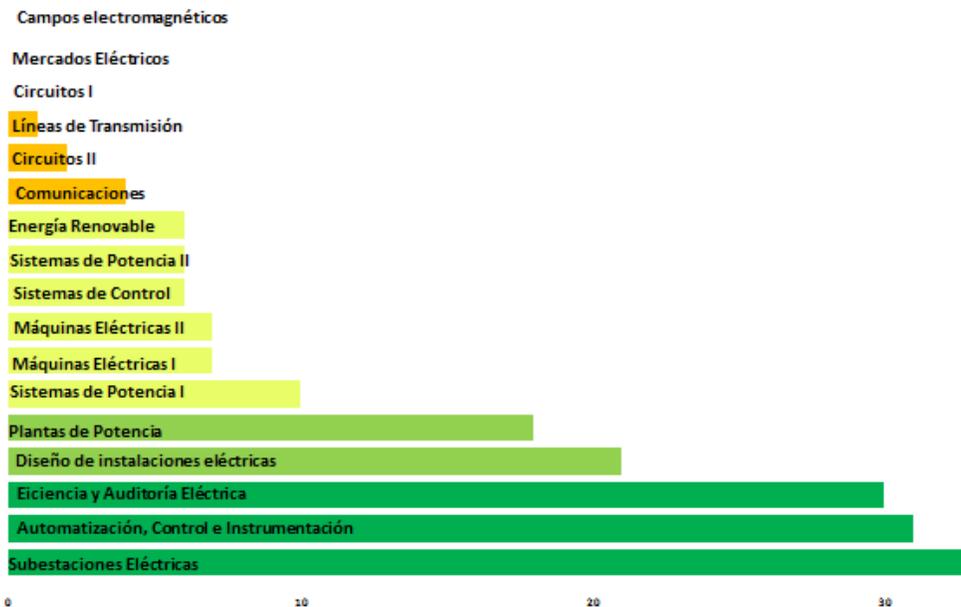


Figura 1. Ponderación de cada asignatura del pensum de Ingeniería Eléctrica en la competencia “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento”.

A partir de la escala definida en la Tabla 1 para la valoración del impacto de cada asignatura en la formación de dicha competencia se tiene que tres de ellas tiene un aporte muy alto: Subsistemas eléctricos, Automatización, control e instrumentación Eficiencia y auditoría eléctrica; dos tienen un aporte alto: Diseño de instalaciones eléctricas y Plantas de potencia y seis tienen aporte moderado: Sistemas de potencia I y II, Máquinas eléctricas I y II, Sistemas de control y Energía renovable. Las seis restantes asignaturas tienen un aporte bajo o no aportan nada a la competencia objeto de estudio.

Posteriormente se pasó a analizar el impacto que tiene cada asignatura a partir del análisis de sus objetivos específicos en la formación de la competencia analizada; dividiendo esta última en tres objetivos:





1. Diseñar planes de mantenimiento.
2. Implementar planes de mantenimiento.
3. Optimizar planes de mantenimiento.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4. Ponderación de cada objetivo.

Asignatura	Objetivos		
	Diseñar	Implementar	Optimizar
Subestaciones Eléctricas	13	12	8
Automatización, Control e Instrumentación	15	9	7
Eficiencia y Auditoría Eléctrica	15	10	5
Diseño de Instalaciones Eléctricas	9	7	5
Plantas de Potencia	9	6	3
Sistemas de Potencia I	5	5	0
Máquinas Eléctricas I	4	2	1
Máquinas Eléctricas II	4	2	1
Sistemas de Control	2	2	2
Sistemas de Potencia II	4	2	0
Energía Renovable	4	1	1
Comunicaciones	2	2	0
Circuitos II	2	2	1
Líneas de Transmisión	1	0	0
Circuitos I	0	0	0
Mercados Eléctricos	0	0	0
Campos Electromagnéticos	0	0	0

Utilizando de forma similar a la anterior la escala de evaluación de la Tabla 1, se obtiene que con respecto al primer objetivo: Diseñar planes de mantenimiento, que tres asignaturas tienen un aporte alto (Subestaciones eléctricas, Automatización, control e instrumentación y Eficiencia y auditoría eléctrica), dos asignaturas tienen un aporte moderado (Diseño de instalaciones eléctricas y Plantas de potencia) y el resto tienen un aporte bajo o no aportan a este objetivo. Con respecto a la implementación de planes de mantenimiento, dos asignaturas tienen un aporte alto (Subestaciones eléctricas y Eficiencia y auditoría eléctrica), tres asignaturas tienen aporte moderado (Automatización, control e instrumentación, Diseño de instalaciones eléctricas y Plantas de potencia), y el resto tienen bajo o ningún aporte. Cuando se evalúa el objetivo de la optimización de planes de mantenimiento se observó que solamente dos asignaturas tienen un aporte moderado





(Subestaciones eléctricas y Automatización, control e instrumentación) mientras que las restantes no aportan o lo hacen de forma baja.

A partir de los resultados anteriores, se pudo constatar que en la actualidad tres asignaturas no tributan a la competencia de diseñar, implementar y optimizar planes de mantenimientos, estas son: Circuitos eléctricos, Mercados eléctricos y Campos electromagnéticos. Además, se puede concluir que el diseño de planes de mantenimientos es el objetivo que en la actualidad se ve más respaldado, sin embargo, la optimización de estos planes prácticamente no se realiza en ninguna asignatura. Después de analizar el contenido de los programas, se procede a presentar las opiniones de los egresados, posteriormente la de los profesores y finalmente la de los expertos.

Por lo que se refiere a los egresados, en la tabla 5 se presentan los resultados del índice de confiabilidad Kuder –Richarson (K-R20) que se obtuvo al calcular las preguntas dicotómicas que se realizaron en la encuesta a los egresados.

Tabla 5 Cálculo confiabilidad K-R20

Pregunta	(Si)	(No)	p	q	p*q	Σp^*q	VT	K-R20 (rtt)
2	41	0	1.00	0.00	0.00			
9	35	6	0.85	0.15	0.12			
10	35	6	0.85	0.15	0.12	0.66	0.96	0.42
12	16	25	0.39	0.61	0.24			
13	32	9	0.78	0.22	0.17			

Donde p= es la proporción de aciertos, q= es la proporción de errores, VT= Varianza total de la prueba, Σp^*q = Sumatoria de la varianza individual de los ítems.

Este cálculo arrojó un resultado de 0.42 lo que según (Parthiban, y Rodriguez, 2015) se evalúa como un valor moderado. Un análisis de los factores que pudiesen estar afectando este valor fueron:

- Diferencia de tiempo entre los egresados.
- Número reducido de preguntas realizadas en este formato (solamente cinco).
- Gran número de repuestas negativas en la pregunta 12 (si consideraban que la formación que recibió le dio las habilidades para ejercer tareas de mantenimiento en su área de trabajo) en la cual el 60% de los mismos no lo consideraba.

En la tabla 6 se presentan el cálculo del Coeficiente Alfa de Cronbach que se obtuvo para los ítems en escala Likert.





Tabla 6 Cálculo coeficiente Alfa de Cronbach.

Parámetros	Preguntas						
	15a	15b	15c	15d	15e	15f	ST2
VARP	1.86	1.67	1.82	1.21	0.90	1.04	21.63
K	Número de Ítem						6
$\sum S_i^2$	Sumatoria de varianzas de los ítems						8.49
ST ²	Varianza de la sumatoria de los ITEMS						21.63
α	Coeficiente alfa Cronbach						0.73

El cálculo de este coeficiente arrojó un resultado de 0.73 que según (Bojórquez et al, 2013) se considera un valor alto. En la tabla 7 se muestran el resumen de los resultados de la aplicación a los egresados encuestados de la pregunta 15.

Tabla 7: Resultados de la encuesta a egresados.

Preguntas	Nada	Poco	Indeciso	Bastante	Mucho
En su organización tiene relevancia tener la capacidad de diseñar programas de mantenimiento.	10%	22%	0%	39%	29%
En su organización tiene relevancia tener la capacidad de crear programas de mantenimiento.	7%	20%	0%	41%	32%
En su organización tiene relevancia tener la capacidad de optimizar programas de mantenimiento.	7%	22%	0%	34%	37%
En su formación observó que se le dieron las herramientas y conocimientos para diseñar programas de mantenimiento.	54%	34%	0%	7%	5%
En su formación observó que se le dieron las herramientas y conocimientos para crear programas de mantenimiento.	46%	41%	0%	12%	0%
En su formación observó que se le dieron las herramientas y conocimientos para optimizar programas de mantenimiento.	49%	37%	0%	15%	0%





Los principales resultados que se obtuvieron fueron:

- Aproximadamente un 70% de los encuestados considera que tiene relevancia en su organización tener la capacidad de diseñar planes de mantenimiento.
- Poco más del 70% considera que tiene relevancia en su organización tener la capacidad de crear y optimizar planes de mantenimiento.
- Solamente entre un 12 y un 15% de los encuestados consideró que durante su formación universitaria se les presentó correctamente las herramientas y conocimientos necesarios para “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento.

Del análisis de estos resultados se observó una gran contradicción: relevancia en las organizaciones de “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento y la no impartición de las herramientas y conocimientos necesarios en la formación de grado del Ingeniero Eléctrico.

Respecto a los resultados obtenidos con las entrevistas de los profesores del ciclo profesional del INTEC, lo primero a señalar es que el 25% de los mismos opinan que en su asignatura se explicaba algún tema de mantenimiento que esté relacionado con los objetivos de la asignatura, mientras que el 75% explicó que no y sus respuestas fueron justificadas con las siguientes ideas:

- Se está en la espera de la creación de una asignatura (tipo optativa) que trate de mantenimiento eléctrico industrial.
- La naturaleza de la asignatura, además de que el programa de clases no está enfocado a este tema.
- El programa de mantenimiento podría implicar una mayor cantidad de horas de las que están consideradas en el programa de clase actual de las asignaturas.

Además, con relación a cuáles son los principales efectos que pudiera producir la integración de la ingeniería de mantenimiento (mantenimiento industrial, sistema de potencia y electrónico) en la formación del ingeniero eléctrico en la actualidad, el 100 % de los docentes consideraron que el impacto en los futuros egresados sería muy bueno ya que con esto se lograría:

- Un egresado más competitivo en el mercado laboral.
- Se expande el abanico de posibilidades de trabajo en esta área.
- Los egresados tendrían un criterio más claro de lo que es el mantenimiento de los activos y por ende aprender a detectar las necesidades que los activos pudieran tener durante su vida operacional.





Como ya señalamos los expertos que participaron fueron 7, y a ellos se les efectuaron las entrevistas, obteniéndose posteriormente la confiabilidad de los parámetros que se usaron para el índice de confiabilidad Likert en las preguntas 2.1 hasta la 2.8 en la consulta de experto. En la Tabla 8 se presentan los resultados del cálculo del Coeficiente Alfa de Cronbach.

Tabla 8 Cálculo coeficiente alfa Cronbach.

Parámetros	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	ST ²
VARP	0.69	1.14	1.06	1.39	0.24	2.12	0.41	0.12	12.49
K	Número de Ítem								8
$\sum S_i^2$	Sumatoria de varianzas de los ítems								7.18
ST ²	Varianza de la sumatoria de los ITEMS								12.49
α	Coeficiente Alfa de Cronbach								0.51

El resultado del coeficiente Alfa de Cronbach arrojó un valor de 0.51 que se considera un valor moderado según (Bojórquez et al, 2013). A los expertos se les preguntó acerca de aspectos como conceptos a conocer por el Ingeniero Eléctrico, objetivos de la capacitación, tiempo para la ejecutar esta capacitación y actitudes a desarrollar por el estudiante. De este trabajo con los expertos se determinó que para que el estudiante desarrolle la competencia diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento deberán ser usados dos objetivos:

1. Lograr que los estudiantes dominen conceptos, proposiciones y estructuras lógicas propias del mantenimiento.
2. Lograr que los estudiantes generen sus propias construcciones mentales a partir de experiencias significativas en donde puedan dar aplicación a los conocimientos adquiridos.

Una vez que se obtuvieron estos dos objetivos se procedió a ver según la experiencia de los expertos cuales pudieran ser los objetivos específicos y temas que pudieran desarrollarse para poder fortalecer la competencia general “diseñar, crear y optimizar programas de mantenimiento”. Debido a las diversas soluciones presentadas por los expertos para poder perfeccionar la competencia y con el objetivo de poder sintetizar los resultados obtenidos, se utilizó el método clúster para agrupar estas soluciones. Mediante el uso de un software de simulación estadística se procedió a conglomerar los datos obtenidos del objetivo general (pregunta no. 1), objetivos específicos (pregunta no. 2.1, hasta 2.8) y temas específicos y horas (preguntas 3.1 hasta 3.4) que se obtuvieron en la consulta de experto, además para la modelación de los mismos se seleccionó el método de Ward (método de varianza mínima), distancia entre agrupamiento tipo Euclidiana.



En la figura 2 presenta el resultado de conglomerar los datos de la consulta de experto, se obtuvo que si se desarrolla la partición con tres clúster se agrupa en la tendencia del experto no. 3 (clúster #3), frente a la tendencia de los expertos no. 2 y 6 (clúster #2) y la tendencia de los expertos (1, 4, 5 y 7) (clúster #1).

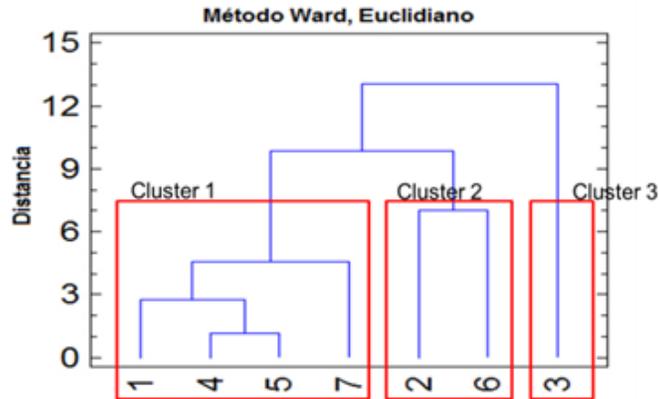


Figura 2 Dendograma consulta de experto.

A partir de la formación de estos clústeres se obtuvo para cada uno de los objetivos definidos tres alternativas de programas de clases, las que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Alternativas de programas de clase.

Objetivo General	Alternativa	Objetivos específicos	Temas
1	1	Conocer técnicas y herramientas de confiabilidad para incrementar la eficiencia global de los activos.	Fundamentos de la ingeniería de mantenimiento. Indicadores de clase mundial.
		Realizar y participar en actividades extracurriculares de investigación, presentación.	Planificación y programación de planes de mantenimiento
	2	Analizar factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros con el objetivo de garantizar la disponibilidad y confiabilidad del activo.	Estrategias de mantenimiento Conceptos esenciales de confiabilidad operacional Conceptos esenciales de economía para el mantenimiento
		Conocer técnicas y herramientas de confiabilidad.	Aplicación de la instrumentación para la inspección Fundamentos de la ingeniería de mantenimiento. Indicadores de clase mundial.
	3	Realizar y participar en actividades extracurriculares de investigación, presentación.	Planificación y programación de planes de mantenimiento



Objetivo General	Alternativa	Objetivos específicos	Temas	
1	3	Entender el mantenimiento de los equipos, desde el punto de vista de mantener sus funciones.	Parámetro síntoma Tipos de mantenimiento Concepto de mantenibilidad	
		Crear planes de mantenimiento	Principios de tribología	
		Conocer técnicas para implementar planes de mantenimiento.	Indicadores fundamentales de mantenimiento Diagnóstico de mantenimiento	
	1	3	Conocer modelos de optimización para planes de mantenimiento	Conceptos básicos RCA, RCM. Técnicas predictivas (termografía, vibraciones, análisis de gases y fluidos)
			Conocer de técnicas y herramientas de confiabilidad para incrementar la eficiencia global de los activos.	Fundamentos de la ingeniería de mantenimiento. Indicadores de clase mundial.
			Realizar y participar en actividades extracurriculares de investigación, presentación.	Planificación y programación de planes de mantenimiento
2	2	Analizar factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros con el objetivo de garantizar la disponibilidad y confiabilidad del activo.	Estrategias de mantenimiento Conceptos esenciales de confiabilidad operacional Conceptos esenciales de economía para el mantenimiento	
		Conocer técnicas y herramientas de confiabilidad.	Aplicación de instrumentación para la inspección Fundamentos de la ingeniería de mantenimiento. Indicadores de clase mundial.	
		Realizar y participar en actividades extracurriculares de investigación, presentación, talleres.	Planificación y programación de planes de mantenimiento	
	3	3	Entender el mantenimiento de los equipos, desde el punto de vista de mantener sus funciones.	Parámetro síntoma Tipos de mantenimiento Concepto de mantenibilidad
			Crear planes de mantenimiento	Principios de tribología
			Conocer técnicas para implementar planes de mantenimiento.	Indicadores fundamentales de mantenimiento Diagnóstico de mantenimiento
		Conocer modelos de optimización para planes de mantenimiento.	Conceptos básicos RCA, RCM. Técnicas predictivas (termografía, vibraciones, análisis de gases y fluidos).	





4. Conclusiones.

En primer lugar, se obtuvo como resultado que el mercado laboral de República Dominicana se requiere cada vez más que el egresado de Ingeniería Eléctrica tenga más formación intencionada en el área de mantenimiento, aspecto no muy bien recogido en los programas de las asignaturas. Lo que supone un perjuicio científico-profesional para los egresados que la institución analizada traslada al mercado laboral dominicano.

Del resultado de la aplicación de instrumentos como entrevista a profesores y encuestas a los estudiantes donde se pudo converger ideas de demandas de competencias que deben desarrollar los egresados de Ingeniería Eléctrica en dicha institución. De la aplicación del método Delphi, se obtuvieron diferentes temas y competencias específicas en el área de estudio y a la vez que las mismas pudieran ser consensuadas entre ellos, y que han sido indicadas en las tablas 7, 8 y 9. Hecho que nos lleva a plantear una reformulación curricular del plan formativo llevado a cabo en INTEC para Ingeniería eléctrica.

De la selección de los siete expertos en el área de mantenimiento, se pudo caracterizar la información pertinente sobre los posibles temas y competencias que pudieran perfeccionar la competencia general de Ingeniería de mantenimiento.

Al mismo tiempo el trabajo sugiere que el empleo de diversas fuentes y procedimientos: análisis de contenido de los programas, y consultas a egresados, profesores y expertos; puede ser un método adecuado para analizar la viabilidad científico-académica y profesional de los programas académicos. De todas formas, sería interesante incorporar a los empleadores, como fuente de recogida de información, para el análisis de la viabilidad de los programas.

Por último, hay que indicar que el procedimiento seguido para la selección de los expertos, mediante el "coeficiente de competencia experta" garantiza una adecuada selección de los mismos.

Como líneas futuras de investigación se proponen replicar los análisis efectuados sobre la carrera de Ingeniería Eléctrica impartidos por otras instituciones universitarias dominicanas con el objeto de llegar a un consenso del pensum curricular de los estudios analizados, y analizar si el mismo viene definido o influenciado por la contextualización y ubicación de la institución educativa.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Santo Domingo, INTEC, República Dominicana, por el apoyo brindado en esta investigación desarrollada en la III edición de la Maestría de Ingeniería de Mantenimiento en colaboración con el Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM, Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.





REFERENCIAS.

- Améndola, L. J. (2003). *El Balanced Score card en la gestión del Mantenimiento*. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/242278297_Balanced_Scorecard_en_la_Gestion_del_Mantenimiento
- Benítez, R. I., Díaz-Concepción, A., Cabrera-Gómez, J., García-Palencia, O., y Maura - Echenique, A. (2016). Assessment of components of operational reliability in walk- in freezer, *Ingeniería Mecánica*, 19 (2), 78-84.
- Bojórquez-Molina, J. A. (2013), "Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab", "Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI' 2013), Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity", Cancún, México, 14-16 de agosto de 2013. Recuperado de: <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/>
- Brady, S.R. (2015). Utilizing and Adapting the Delphi Method for Use in Qualitative Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 14(5),1–6. Recuperado de: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1609406915621381>
- Cabero-Almenara, J. y Barroso-Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón. Revista de Educación*, 65 (2), 25-38.
- Cabero, J. & Infante, A. Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 48. Recuperado de: http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec48/n48_Cabero_Infante.html
- Cabero-Almenara, J. y Barroso, J. (2013). La utilización del juicio de experto para La evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón*, 65(2), 25-38.
- Cuadrado, J. J., Garre, M., Rodríguez, D., Rejas, R. y Sicilia, M. (2003). Comparación de diferentes algoritmos de Clustering en la estimación de coste en el desarrollo de software REICIS. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería*, 3, 6-22.
- Domínguez, L y Sergio, A. (2012). Propuesta para el cálculo del Alfa ordinal y Theta de armor. *Revista IIPSI*, 15, 1, 213-217.
- Domínguez-Serrano, M., Blancas-Peral, F. J. (2016). Evaluando competencias en la asignatura Análisis Multivariante de Indicadores en Criminología. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 5, 14-27.
- García-Aracil, A. y Palomares-Montero, D. (2012). Indicadores para la evaluación de las instituciones universitarias: validación a través del método Delphi. *Revista Española de Documentación Científica*, 35 (1), 119-144.





- Hernández-Sampieri, R. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Instituto Tecnológico de Santo Domingo, INTEC. Descripción de la carrera de Ingeniería Eléctrica (ELE). Recuperado de: http://intec.edu.do/asuntos-academicos/areasacademicas/ingenierias/item/ele?category_id=511
- López, Pedro. López (2004), "Población muestra y muestreo", *Punto cero*, 9 (8),.
- Osadebe, P. (2015), "Construction of Valid and Reliable Test for Assessment of Students", *Journal of Education and Practice*, 6 (1), 51-56.
- Parthiban, Sandor y Rodrigues, Paul. (2015), "Kuder-Richardson Reputation Coefficient based Reputation Mechanism for Isolating Root Node Attack in MANETs". *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 8, núm. 15, pp. 2-9.
- Pirela-Morillo, J. y Cortés-Vera, J. J. (2014). The development informational competencies in university students: Experience and perspectives of two Latin-American universities. *Investigación bibliotecológica*, 28 (64),145-172.
- Román-Graván, P. y Martín-Gutiérrez, Á. (2014). Formación del profesorado universitario en entornos personales de aprendizaje (PLE). Una experiencia de formación en centros universitarios. Didáctica, Innovación y Multimedia. *Revista Científica de Opinión y Divulgación*, 30, 1–17.
- Viego-Sariet, N., Díaz-Concepción, A. y Abril-Vega, J. (2015). Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba", *Revistas Ingenieras*, XVIII, 7-15.

