



Diagnóstico integral y formación de profesionales

Santiago A. Dorrbercker
Lucía Pérez
Sergio J. Fernández

Recibido: Enero del 2008
Aprobado: Marzo del 2008

Resumen / Abstract

No existe un sistema de diagnóstico y mantenimiento efectivo que no esté respaldado por un personal preparado que lo desarrolle e impulse. El diagnóstico integral en su afán por encontrar una vía de acceso al mantenimiento basado en la condición (MBC) como una forma de perfeccionar el mantenimiento preventivo planificado ha tenido que comenzar a formar a los futuros cuadros que lo respaldarán. En este trabajo los autores presentan de forma sintética los planes y programas que sirven de base para el desarrollo de la especialidad de diagnóstico integral de centrales y subestaciones eléctricas, la cual fue creada por ellos para esos fines.

Palabras clave: Diagnóstico, mantenimiento, mención, curso básico

It doesn't exist a diagnosis system and maintenance effective that isn't supported by a prepared personnel that develops it and impel. The integral diagnosis in their desire of finding a way to access to the based maintenance condition (BMC) like a form of improve the planned preventive maintenance has had to begin to form the future personnel that supported it. In this paper the authors present in a synthetic way the plans and programs that serve as base for the development of the specialty of integral diagnosis of central and substations electric, which was created by them for those purpose.

Key words: Diagnosis, knowledge, maintenance, mention, basic subjects

INTRODUCCIÓN

La batalla por aumentar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de las centrales generadoras eléctricas, a lo largo del mundo entero, es una palabra de orden y más cuando el petróleo y todos sus derivados alcanzan precios inaccesibles para una gran cantidad de países, de ahí la necesidad de disminuir los costos de producción a partir, fundamentalmente, de utilizar tecnologías de punta y de disminuir los costos de los ciclos de mantenimiento, lo cual se ha convertido en una verdadera esfera de inversión a corto y mediano plazo. En los países desarrollados se dedican recursos ingentes con este objetivo, ya que un incremento de la disponibilidad en solo un uno por ciento, representa ganancias de cientos de miles o millones de dólares. Con este objetivo se han

introducido las técnicas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) y el basado en la condición (MBC), así como con la finalidad de optimizar el mantenimiento preventivo planificado (MPP) que en las mismas se practica. Para ello se están usando equipos sofisticados de diagnóstico de nueva generación y se ha elevado la formación de su personal calificado incorporándolo de forma irrestricta al diagnóstico y mantenimiento.

Durante algún tiempo las centrales termoeléctricas (CCTT) cubanas pasaron por problemas muy difíciles debido a las condiciones económicas a que se vio sometido el país sobre todo en los últimos 17 años. Es en la década de 1990 que las mismas tuvieron que dejar de cumplir sus ciclos de mantenimiento

preventivo planificado (MPP) por motivos de falta de recursos y en otras ocasiones debido a la necesidad de generar a "toda costa" en aras de mantener los planes de desarrollo del país. Esta situación trajo consigo la pérdida de personal calificado y el poco interés de otros en engrosar las filas del personal de la industria eléctrica, que se mantuvo trabajando con disciplina y con la idea de que siempre hay un futuro mejor. Se debe destacar que durante todos estos años difíciles la dirección de generación realizó ingentes esfuerzos por adquirir e introducir equipos de diagnóstico de nueva generación lo que trazaría el camino a la introducción de técnicas más modernas de diagnóstico y mantenimiento.

Es en el año 1999 en que la Dirección de Generación de la Unión Eléctrica (UNE) decide apoyar y financiar el Proyecto de Normalización y Modernización del Diagnóstico de las Centrales Termoeléctricas el cual es dirigido por el Grupo de Diagnóstico Integral del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), el cual presentaba dos etapas bien definidas: La primera, consistente en la normalización de las actividades de diagnóstico que de manera inmediata pudieran ser realizadas en todas las centrales termoeléctricas del país, partiendo de las experiencias del personal técnico existente en las plantas y a la instrumentación que ya se encontraba en las mismas; y una segunda, en que se comienza a introducir paulatinamente el MBC a partir de la metodología que aportaba el diagnóstico integral.

Ahora bien, no era suficiente crear todo un moderno sistema de diagnóstico en las centrales eléctricas (CCEE) si el personal que desarrollaba estas tareas no tenía la formación necesaria. Es por ello que esta dirección decide comenzar un plan de especialización del personal dedicado a dicha actividad y que, por la envergadura y profundidad de su contenido, requería y justificaba la creación de una especialidad. De esta forma comienza la formación directa del personal de las CCEE a partir de la creación de una especialidad universitaria propia, para lo cual encarga al Grupo de Diagnóstico Integral del CIPEL la creación de la misma, abriendo así el camino a la formación de los futuros profesionales en la rama de diagnóstico y mantenimiento.

De esta forma se inscribe la primera especialidad del Ministerio de Educación Superior (MES) acorde a las necesidades de la Dirección de Generación de la UNE llamada: Especialidad de Diagnóstico Integral de Centrales y Subestaciones Eléctrica, la cual se ha desarrollado desde entonces en su casa matriz la Escuela Nacional de la Unión Eléctrica.

Han culminado tres ediciones de la especialidad y se han graduado 19 especialistas y están a la espera de

la aprobación y defensa del proyecto final de investigación-desarrollo 10 más, provenientes de todas las CCEE y de las empresas de mantenimiento a centrales termoeléctricas (EMCE) y a la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL), los cuales son el sustrato en el que descansa el desarrollo del diagnóstico y el mantenimiento, así como coadyuva a la formación continua del personal de estas ramas.

En este trabajo los autores han querido reflejar el desarrollo de esta especialidad y los frutos que de ella se han obtenido, brindando la información mínima necesaria para que el lector se interese por ella y que en un futuro cercano pueda tener acceso a la misma o a compartir un lugar en su claustro de profesores.

DESARROLLO

A continuación se presenta de forma escueta los objetivos y los planes y programa de dicha especialidad.

Primera y segunda edición

La primera edición¹ fue aprobada el 28 de febrero del 2001 y estaba dirigida, en general, a todos los profesionales relacionados con las actividades de diagnóstico y mantenimiento; su objetivo fundamental era la obtención de un especialista capaz de introducir y desarrollar todas las técnicas y métodos del diagnóstico moderno, así como la de interpretar los resultados de los datos de falla y los de pruebas, es decir, servir de elemento activo en la introducción de las técnicas del MBC y del MCC con la finalidad de mejorar u optimizar el MPP de sus empresas.

Objetivos académicos

Lograr un graduado capaz de:

- Explotar el equipamiento de diagnóstico de su área y realizar los ensayos y controles de diagnóstico en todas sus modalidades (off-line, on-line y en tiempo real).
- Adquirir, procesar, almacenar e interpretar los datos de ensayos y de fallas con la finalidad de poder emitir un diagnóstico.
- Inspeccionar y controlar actividades de diagnóstico en la industria.
- Elaborar planes de diagnóstico del área de la central y la subestación eléctrica donde realiza su trabajo.

Objetivo estratégico

- Crear la base científico-técnica necesaria para la introducción del diagnóstico integral en las CCEE cubanas.
- Conocer, organizar, y utilizar de forma óptima todo el equipamiento y personal relacionado con el diagnóstico en las CCEE.

- Forman un profesional capaz de conocer los elementos necesarios del MBC y del MCC con la finalidad de mejorar el MPP en las CCEE.
- Incorporar paulatinamente a otras entidades de la UNE.

Plan de estudio

Los cursos estuvieron conformados por:

Cursos Básicos			
Diagnóstico	Electrónica	Confiabilidad Operacional I	Sistemas Superiores de Automatización.
Software de Aplicación	Automatización	Base de Datos	Diagnóstico de Centrales Eléctricas
Centrales Eléctricas	Metales I	Disponibilidad de Unidades Generadoras	Proyecto de Curso Integrador
Operación de Sistema	Vibraciones Mecánicas I	Aseguramiento de la Calidad	

La especialidad constó de siete menciones de 3 o 4 cursos cada una.

1. Máquinas Eléctricas
2. Metales y Químicas
3. Protecciones Eléctricas
4. Vibraciones
5. Generadores de Vapor
6. Turbinas de Vapor
7. Confiabilidad Operacional

Resultados positivos de estas ediciones

- Se graduaron 13 especialistas en Diagnóstico Integral de CCEE y SSEE.
- Se creó la base científico-técnica necesaria para la comprensión, introducción y desarrollo del diagnóstico integral y del mantenimiento predictivo, para poder comenzar a incidir en la política de culturización del mantenimiento en todas las CCEE del país.

Resultados negativos de estas ediciones

- No se logró la introducción completa de los métodos y técnicas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) ni del MBC, lo cual repercutió directamente en la incapacidad de los graduados de entender la forma de enlace del diagnóstico con los movimientos modernos del mantenimiento mundial y en especial con el MPP aplicado en las CCEE.
- No se logró una profunda comprensión de la especialidad en los graduados debido a que el plan contó con menciones, las cuales no se pudieron desarrollar a plena capacidad.
- No se incorporaron otras entidades de la UNE independientemente de la existencia de menciones que lo posibilitan.

Tercera edición

De los aciertos y desaciertos obtenidos en las dos ediciones anteriores se realizó un estudio profundo y se presentó un nuevo plan de estudio que fue aprobado por el MES en febrero del 2006,² el cual según la opinión de los autores es mucho más profundo en contenidos y tiene un alcance muy superior al crear un grupo de menciones que antes no pudieron ser desarrolladas. La finalidad de la misma era acabar de introducir las técnicas del MBC en las CCEE a partir de la metodología que aporta el diagnóstico integral.

Objetivos académicos

Lograr un graduado capaz de:

- Explotar el equipamiento de diagnóstico de su área y realizar los ensayos y controles de diagnóstico en todas sus modalidades (off-line, on-line y en tiempo real).
- Adquirir, procesar, almacenar e interpretar los datos de ensayos y de fallas con la finalidad de ser capaz de emitir un diagnóstico.
- Inspeccionar y controlar actividades de diagnóstico y mantenimiento en la industria.
- Aplicar los requerimientos del diagnóstico y mantenimiento moderno.
- Elaborar planes de diagnóstico y mantenimiento en su área de trabajo.

Objetivo estratégico

- Crear la base científico-técnica necesaria para la introducción del MBC en las CCEE cubanas.
- Conocer, organizar, y utilizar, de forma óptima, todo el equipamiento y personal relacionado con el diagnóstico y el mantenimiento en las CCEE.
- Formar un profesional capaz de introducir los cambios paulatinos necesarios en el MPP que se aplicaban en las CCEE con la finalidad de introducir el MBC y el MCC a corto plazo.
- Incorporar otras entidades de la UNE.

Plan de estudio

Los cursos estuvieron conformados de la forma que se indica a continuación:

Actividades lectivas

Tipo de cursos	No. de créditos	Porcentaje
Cursos de la etapa básica	25 créditos	48,1%
Cursos de la mención seleccionada	27 créditos	51,9%
Total	52 créditos	

Trabajo independiente

Tipo de actividad	No. de créditos	Porcentaje
Evaluación de la práctica profesional	38 créditos	65,5 %
Presentación de un trabajo en un evento científico, o impartir conferencias o apoyo a enseñanza de otros técnicos de igual o menor nivel	2 créditos	3,4 %
Presentar un artículo técnico a publicar	3 créditos	3,2 %
Proyecto final de Investigación-Desarrollo	15 créditos	25,9 %
Total	58 créditos	
Total acumulado: 110		

Cursos básicos

Asignaturas básicas
1. Diagnóstico Integral
2. Simulación y Modelación
3. Elementos de Control y Automatización
4. Base de Datos
5. Gestión de la Calidad
6. Procesamiento y Análisis de Datos
7. Mantenimiento Basado en la Condición
8. Diagnóstico Integral de CCEE y SSEE

Menciones que la conforman:

- **Especialista en Diagnóstico de Sistemas Eléctricos de Potencia de CCEE.**

Cursos
1. Diagnóstico de Transformadores de Potencia
2. Diagnóstico de Motores y Generadores Eléctricos
3. Protecciones Eléctricas I
4. Vibraciones Mecánicas I
5. Centrales Eléctricas I
6. Subestaciones Eléctricas
7. Materiales Electrotécnicos

- **Especialista en Diagnóstico de Subestaciones Eléctricas**

Cursos
1. Subestaciones Eléctricas
2. Materiales Electrotécnicos
3. Coordinación de Aislamiento I
4. Diagnóstico de Transformadores de Potencial y de Corriente
5. Interruptores
6. Protecciones Eléctricas II
7. Diagnóstico de Transformadores de Potencia

- **Mantenimiento en Base a la Condición**

Cursos
1. Estructuración de Grupos de Mantenimiento y Diagnóstico
2. Organización de las Bases de Datos para el mantenimiento
3. Análisis Estadístico y Probabilístico
4. Planificación del Mantenimiento
5. Software Especiales de Mantenimiento
6. Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad

- **Especialista en Diagnóstico de Redes y Subestaciones Eléctricas**

Cursos
1. Sobretensiones en Líneas de Transmisión
2. Coordinación de Aislamiento I
3. Coordinación de Aislamiento II
4. Protecciones Eléctricas II
5. Diagnóstico de Transformadores de Potencial y de Corriente
6. Interruptores
7. Diagnóstico de Transformadores de Potencia

• **Especialista en Diagnóstico Químico de Equipos para Centrales y Subestaciones Eléctricas**

Cursos
1. Centrales Eléctricas I
2. Química I
3. Química II
4. Metales I
5. Generadores de Vapor
6. Química de la Combustión y los Combustibles
7. Teoría y Química de los Aditivos

• **Mención: Especialista en Diagnóstico de Turbinas de Vapor**

Cursos
1. Vibraciones Mecánicas I
2. Vibraciones Mecánicas II
3. Centrales Eléctricas II
4. Metales I
5. Generadores de Vapor
6. Turbinas de Vapor
7. Diagnóstico de Turbinas de Vapor

• **Mención: Especialista en Diagnóstico de Generadores de Vapor**

Cursos
1. Generadores de Vapor
2. Centrales Eléctricas II
3. Química II
4. Metales I
5. Sistemas de Diagnóstico Integral de Generadores de Vapor
6. Quemadores
7. Química de la Combustión y los Combustibles

• **Mención: Especialista en Diagnóstico de Metales**

Cursos
1. Metales I
2. Metales II
3. Metales III
4. Vibraciones I
5. Corrosión
6. Ensayos Especiales

El desarrollo de estas menciones resolvió uno de los problemas más graves que adolecieron la primera y segunda ediciones; que era la de obtener una mayor especialización de los estudiantes pero a su vez representó un reto muy difícil de alcanzar que fue la apertura de las mismas, ya que significaba la participación de un gran número de profesores de alto nivel que pudieran impartir dichos cursos con una elevada calidad. Esto fue resuelto gracias a la colaboración de todas las empresas, universidades y de la Dirección de Generación sin las cuales se hubiera hecho imposible la impartición de esta especialidad.

Mención aparte merece la sede de esta especialidad, la Escuela Nacional de la Unión Eléctrica y el personal que en la misma labora, sin los cuales estas ideas no hubieran fructificado, ya que desde la planificación del curso, los albergues, la alimentación y el transporte de profesores y alumnos han dependido enteramente de ella.

Aunque esta tercera edición se encuentra aún en su etapa final los autores quieren presentar algunos resultados y experiencias hasta ahora obtenidos.

Resultados positivos de esta edición

- Se han graduado en la primera convocatoria seis especialistas en Diagnóstico Integral de CCEE y SSEE en diferentes menciones, quedando 10 posibles para la segunda convocatoria (junio de 2008).
- Se profundizó en la formación del especialista en las diferentes menciones, conformándose ya un pequeño grupo de 19 especialistas titulados en todas las CCEE del país.
- Se creó una mención dedicada al MBC que permite la profundización de sus egresados en temas tan actuales como el perfeccionamiento del MPP de las CCEE del país.

- Se profundizó la base científico-técnica necesaria para la comprensión, introducción y desarrollo del diagnóstico y del MBC y del MCC, introduciendo algunos resultados en diferentes CCEE del país.

Resultados negativos de esta edición

- Aunque se mejoró sustancialmente la especialización y profesionalidad de los egresados, no se ha podido resolver la formación de todos ellos en las técnicas y métodos generales del diagnóstico y el MBC, lo cual deja una brecha importante que cubrir. Esto es debido a que, atendiendo a restricciones de tiempo, no se puede aumentar la cantidad de cursos a dictar.
- No se ha logrado dar seguimiento a los graduados de la primera y segunda ediciones de la especialidad, lo cual hace que se mantengan aislados, en la mayoría de los casos, de los planes de superación constante que debe asegurar esta especialidad.
- No se han incorporado otras entidades de la UNE independientemente que existen menciones que lo posibilitan.

Se debe destacar que en el presente año comenzarán los cursos de seguimiento y actualización para todos los graduados de la especialidad, conformados por cursos de posgrado cortos y diplomados. Entre los diplomados se proponen:

- Temas de las especializaciones en diferentes menciones.
- Temas de perfeccionamiento del mantenimiento a partir del MCC y del MBC.
- Temas relacionados con la adquisición, tratamiento y procesamiento de los datos.
- Temas selectos de inteligencia artificial al tratamiento de las fallas, sistemas expertos y bases de datos dinámica.
- Transmisión de información y comunicación.

CONCLUSIONES

Los autores, después de analizar las tres ediciones de la especialidad pueden arribar a las conclusiones siguientes:

- Que gracias a la decisión tomada en el año 2000 por la Dirección de Generación de la UNE se pudo crear esta especialidad.
- Independientemente de los desaciertos confrontados se ha logrado establecer una especialidad universitaria propia de la UNE, que abre una puerta de superación para el personal de las CCTT y de otras entidades de la misma.
- En la realización de esta especialidad se han visto involucradas entidades tales como: EMCE, INEL,

CEIM. Universidad de Pinar del Río, Universidad de Cienfuegos, el organismo central de la UNE y otras.

- La participación de la Escuela Nacional de la Unión Eléctrica ha sido fundamental en el desarrollo de la especialidad.
- Aunque hasta estos momentos no se han incorporado otras entidades de la UNE, los autores esperan que estas en un futuro cercano formen parte de la cuarta edición.

REFERENCIAS

1. Programa de la Especialidad de Diagnóstico Integral de Centrales y Subestaciones Eléctricas, CIPEL. MES, Ciudad de La Habana, diciembre, 2000.
2. Programa de la Especialidad de Diagnóstico Integral de Centrales y Subestaciones Eléctricas, CIPEL, MES, Ciudad de La Habana, febrero, 2006.

AUTORES

Santiago A. Dorrbercker Drake

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Auxiliar, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:dorr@electrica.cujae.edu.cu
dorrbercker@gmail.com.

Lucía Pérez Naranjo

Licenciada en Educación, Especialidad de Física, Profesora Principal de la Escuela Nacional de la Unión Eléctrica, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail: lupena54@yahoo.es

Sergio J. Fernández García

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Asistente, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:sfg@electrica.cujae.edu.cu
sergiofernandez@yahoo.com