PROPUESTA DE UNA UNIDAD TEMATICA PARA UNA CÁTEDRA PARA LA ENSEÑANZA DE DISEÑO DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ

AUTOR

LUIS ANTONIO SARMIENTO MUÑOZ

DIRECTOR

MARIA ISABEL HEREDIA DUARTE

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

POSGRADO EN PEDAGOGIA

BOGOTA 2015

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento es para Dios por darme la oportunidad de vivir y de darme todos los medios para realizar este trabajo, incluida la salud y la fuerza de voluntad para llevar a feliz término todo lo propuesto.

También deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, a mis padres Rosa María Muñoz de Sarmiento (QEPD) y Luis Bernardo Sarmiento que me dieron la vida, la formación, los valores y la educación necesaria para enfrentar la vida. A mis hijos Luis Carlos y María Paula, mi mayor aliciente para culminar con éxito todo aquello que me propongo y que son un apoyo constante en mi existencia.

A todos mis profesores, gracias a quienes he logrado aprender de Didáctica y Pedagogía y que me apoyaran en todo momento. Quienes fueron capaces de inculcar estos conocimientos superponiéndolos a los ya adquiridos en la Ingeniería.

Un agradecimiento especial a mi directora de proyecto profesora María Isabel Heredia Duarte, por toda su dedicación y por la infinita paciencia que me brindó así como el tiempo que me dedicó, incluyendo el suyo propio fuera del horario de clases.

Al profesor Carlos Cogollo por revisar mi trabajo y mejorarlo con sus valiosas recomendaciones y a la profesora Gloria Janeth Orjuela Sánchez, cuya actitud positiva siempre la hace estar presta a ayudar y colaborar.

A mis compañeros Sandra Rocío Castañeda Feria y Carlos Alberto Martínez Guerrero quienes más que compañeros se convirtieron en otros maestros que me enseñaron y que me condujeron al resultado que me había propuesto.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 3

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado para especialización
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Titulo del documento	PROPUESTA DE UNA UNIDAD TEMATICA PARA UNA CÁTEDRA PARA LA ENSEÑANZA DE DISEÑO DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ
Autor(es)	Luis Antonio Sarmiento Muñoz
Director	María Isabel Heredia Duarte
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2015, 56 páginas.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Enseñanza de diseño de transformadores, unidad temática, transposición didáctica, aprendizaje significativo, constructivismo, conocimiento profesional docente.

2. Descripción
El trabajo presenta una propuesta de unidad temática para dictar una cátedra de diseño de transformadores en la Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Realizada con enfoque constructivista. Consiste básicamente de una transposición didáctica aprovechando la experiencia del autor de más de 26 años como diseñador de transformadores, para hacer de su saber específico obtenido de la experiencia, en un conocimiento enseñable. Esta propuesta de unidad temática aunque dirigida específicamente a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, es aplicable en cualquiera de las otras veintiuna (21) facultades de Ingeniería Eléctrica del País y que satisface las necesidades de las catorce(14) empresas fabricantes de transformadores en Colombia y los 250 talleres de reparación de transformadores que existen en

el País.

El modelo constructivista empleado busca conseguir en los estudiantes obtener un conocimiento significativo para ellos, obtenido mediante la construcción colectiva de este conocimiento, gracias a la participación individual y colectiva, a través de un sistema de evaluación que busca una sana competencia entre los estudiantes, que permita a través de la discusión colectiva de los temas, una interiorización propia de cada estudiante, siguiendo el esquema propuesto por Vigotsky.

Adicional a la propuesta de unidad temática se contemplan los temas técnicos que se constituyen en el eje central del curso y cuyo aprendizaje finalmente cumple con el objetivo propuesto. Estos temas que son la motivación del estudiante, armonizan los conceptos previos y los conocimientos ya adquiridos, con los conocimientos que se entregan para lograr una construcción de un nuevo conocimiento.

Debido a que son conocimientos que se han adquirido de la práctica, es decir, de la actividad, se utilizan mucho los planteamientos de Donald Schon, plasmados en su obra "*el profesional reflexivo*", considerando que la práctica docente se caracteriza por la complejidad, la incertidumbre, la inestabilidad, la singularidad y el conflicto de valores, para que mediante la actividad reflexiva se incluyan aportes técnicos para llegar a una nueva epistemología en la práctica de procesos intuitivos.

3. Fuentes

El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan, Schön, Donald (1998), Editorial Paidós, Barcelona.

La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y aprendizaje en las profesiones (1987).

La integración de las TIC en las instituciones de educación superior como proyectos de innovación educativa. Dr. Jesús Salinas. Universidad de las Islas Baleares

La transposición didáctica. Del saber Sabio al Saber Enseñado. Chevallard, Yves. (1998).

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (T.I.C.), Consuelo Belloch Orti. Unidad de Tecnología Educativa.

Didáctica de la Educación Superior: nuevos desafíos en el siglo XXI. Dr. Tiburcio Moreno Olivos. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

El conocimiento didáctico del Contenido Biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes, de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Edgar Orlay Valbuena Ussa. 2007.

Una didáctica constructivista en el aula universitaria. Carlos Garzón y Mireya Vivas. Universidad de los Andes. Revista Educere, Arbitrada, Año 3, No. 5, Febrero 1999.

¿Qué es el constructivismo?. Carretero, Mario. Desarrollo cognitivo y aprendizaje. Constructivismo y educación.

Progreso México, 1997. Pp. 39-71.

La motivación en el aula universitaria: una necesidad pedagógica? Sergio Montico. Ciencia, Docencia y Tecnología No. 29, año XV, noviembre de 2004.

Teoría, cálculo y construcción de transformadores. Juan Corrales Martin**.** 1969.

4. Contenidos

Justificación. Se esbozan las razones por las cuales se presenta el proyectó.

Objetivo.

Presentar una unidad temática para enseñar diseño de transformadores como cátedra universitaria en las facultades de Ingeniería..

Planteamiento del problema. La importancia que el conocimiento del diseño de transformadores tiene en nuestro País, para las empresas productoras de transformadores y el cómo existe un vacío en la enseñanza de este tipo de conocimiento, lleva a la necesidad de dictar una cátedra en la Universidad Nacional para atender a esta necesidad de enseñanza insatisfecha.

Marco conceptual

La educación y el constructivismo. Se analiza y se expone brevemente la importancia que el constructivismo ha tenido en los procesos de enseñanza, razón por la cual se aplica al presente proyecto.

Conocimiento profesional del docente. Es la base del trabajo, ya que el conocimiento profesional docente es el que se desea transmitir a los estudiantes.

Didácticas específicas. Son el conjunto de estrategias planteadas para el cumplimiento del objetivo.

El profesional reflexivo. Se hace referencia a la obra de Donald Schon, quien a través de su obra, se constituye en una guía para la elaboración del trabajo.

5. Metodología

Clases magistrales buscando participación individual y de grupo, aprovechando los conceptos previos aprendidos en el curso de Máquinas I, requisito para el curso que nos ocupa y con un enfoque constructivista que tiene en cuenta el conocimiento previo y mediante la discusión colectiva de los temas, busca que el estudiante interiorice estos conceptos y logre de esta manera obtener un conocimiento significativo para su vida profesional.

En la clase el docente plantea los temas previamente establecidos en la unidad temática, buscando participación de sus estudiantes. Para ello desde el comienzo del curso asigna a cada estudiante las características de un transformador que irá diseñando al mismo tiempo que avanza el curso y que será su proyecto final, el cual será evaluado. También se asignará las características de un diseño común para todos los estudiantes. En este diseño común que será otro proyecto que se entregará al finalizar el semestre se determinarán los costos de cada diseño, resultando el de menor costo, el que mejor nota obtenga. Esto crea en el estudiante un

espíritu de investigación enfocado a la reducción de los costos, situación que es la que se observa en la práctica profesional en cada empresa fabricante.

Para estimular el ingenio y para enseñar al estudiante a enfrentar situaciones inesperadas que igualmente afectan su diseño, al final de cada capítulo tratado, se plantearán problemas particulares, llamados temas de discusión, en los cuales el reto es superar el inconveniente encontrado, apoyado en la investigación y el planteamiento de soluciones a los inconvenientes propuestos.

6. Conclusiones

La formación de los ingenieros en las diferentes Universidades se realiza merced a las clases dictadas por docentes que son ingenieros, pero es conveniente y necesario vincular a la Pedagogía a estos procesos formativos, para asegurar la enseñanza de este saber en particular y de la formación de los futuros ingenieros.

Se debe hacer énfasis en aquellos retos técnicos que se presentan durante la fabricación, generalmente no considerados en los textos, así involucren fenómenos eléctricos o magnéticos, que muchas veces presentan inconvenientes en el desempeño del transformador o que se constituyen en sorpresas a la hora de ensayar un equipo terminado. Tal es el caso del aumento en las pérdidas por efecto piel (también conocido como efecto skin) o el efecto de proximidad,

Esta serie de vacios que se presentan durante el desarrollo de la profesión y específicamente durante el diseño y fabricación, nos llevan a reflexionar en el tipo de saber inicial que recibimos. En defensa del método tradicional de enseñanza diremos que no todas las situaciones se habían presentado, las limitaciones en tensiones y potencias eran otras. La calidad misma de la energía era otra, libre de armónicos pues en esa época la electrónica de potencia hasta ahora comenzaba.

Los países desarrollados trabajan mucho en investigación, sin embargo, los fabricantes nacionales también, e indiscutiblemente un proceso de formación encaminado a la investigación, desarrollo e innovación brindará sus frutos en corto tiempo. Es no menos que sorprendente que nuestros ingenieros colombianos desarrollen transformadores tan especiales como los transformadores desfasadores (shiftingtransformers) solamente con el cumplimiento de los requisitos técnicos de un cliente, o por la observación de catálogos y fichas técnicas de equipos extranjeros.

Es prioritario dar un reenfoque a la formación de los ingenieros especialistas en estas cuestiones y esto solo puede lograrse a través del camino de la Pedagogía.

Elaborado por:	Luis Antonio Sarmiento Muñoz
Revisado por:	María Isabel Heredia Duarte

Fecha de elaboración del Resumen:	03	03	2015

TABLA DE CONTENIDOS.

INTRODUCCION

1. Justificación
2. Objetivos.
   2.1 Objetivo General
   2.2 Objetivo Específico
3. Planteamiento del problema
4. Marco conceptual
   4.1 Qué voy a enseñar
   4.2 Enfoque constructivista
   4.3 Conocimiento profesional docente
   4.4 Didácticas específicas
   4.5 El profesional reflexivo
5. Propuesta Unidad Temática
6. Consideraciones Técnicas
7. Conclusiones

Referencias

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las propiedades del cobre y el aluminio.

Tabla 2. Propiedades del papel clase A0.

Tabla 3. Propiedades mecánicas del papel clase C

Tabla 4. Conductividad Térmica del papel clase C

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Imagen alusiva a la guerra de las corrientes. Fuente: http://www.timetoast.com/timelines/la-guerra-de-las-corrientes

Foto 2. Folio en este caso de aluminio.

Foto 3. Alambres rectangulares de cobre aislados con papel.

Foto 4. Alambre redondo de cobre esmaltado.

Foto 5.Papel termopox a la izquierda y nomex a la derecha.

Foto 6.Proceso de bobinado utilizando folio de cobre y papel clase A0.

Foto 7. Núcleo apilado tres piernas. Fuente :Frana International.

Foto 8. Núcleo enrollado tres piernas. Fuente :Frana International.

Foto 9. Partes activas de transformadores sometidas al proceso de secado en horno. Fuente: www.rymel.com.co.

Foto 10. Proceso de encube de un transformador. Fuente: http://transformadorescdm.galeon.com/servicio.html

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Esquema descriptivo de un transformador eléctrico.

Fig. 2. Representación de las líneas de campo magnético B. Las que están dentro del área A, constituyen la densidad de flujo..

Fig. 3. Curva típica de una lámina magnética.

Fig. 4. Distancia mínima c entre devanados de A.T. y B.T..

Fig. 5. Distancia mínima F entre devanados y el yugo del núcleo.

Fig. 6. Distancia mínima g entre devanados y el tanque del transformador.

Fig. 7. Distancias mínimas de aislamiento externo.

INTRODUCCION

El presente trabajo está basado en la recopilación de saberes y experiencias recogidas en la práctica y el ejercicio de la profesión de Ingeniero Electricista aplicado al diseño de transformadores. Se busca, mediante la transposición didáctica hacer que este saber específico sea enseñable a los estudiantes de universitarios de Ingeniería Eléctrica y específicamente a los estudiantes de diseño de transformadores, materia electiva de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Tomando elementos de la Pedagogía y de la Didáctica, apoyado en la teoría del profesional reflexivo de Donald Schön [(1)], se elaboró en este trabajo, una unidad temática que tenga en cuenta las experiencias, saberes para la enseñanza de diseño de transformadores, surgido de una necesidad puntual de la Universidad Nacional como ya se mencionó.

El trabajo inicia con la justificación del mismo y el planteamiento de unos objetivos generales y específicos, para luego entrar en el planteamiento del problema. Posteriormente se presenta un marco conceptual de la propuesta didáctica donde se plasman los conocimientos y reflexiones aportados por el desarrollo de todos los temas considerados en el transcurso del posgrado en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional, como son el constructivismo, con el cual se busca entregar herramientas al estudiante para que elabore procedimientos que le permitan resolver situaciones problemáticas complejas, que pueden incluso modificar sus ideas y seguir aprendiendo. Se tuvo en cuenta igualmente, el conocimiento profesional docente y la experiencia adquirida en el diseño y fabricación de transformadores, así como en la enseñanza que se ha realizado a diferentes empleados en las diferentes empresas donde el autor ha laborado, con el objeto de encontrar estrategias de aprendizaje. Finalmente, las conclusiones fueron elaboradas a partir de la obra de Schön: *El profesional Reflexivo*.

Considerando el enfoque de Manterora (1992) “Enseñar ahora no es suministrar, aportar, proporcionar, dar,…conocimientos a los estudiantes”, esta metodología solo constituye un apoyo y dirección del estudiante para conseguir una construcción del conocimiento [(2)].

(1) **El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan**, Schön, Donald (1998), Editorial Paidós, Barcelona.
(2) **Una didáctica Constructivista en el aula** Universitaria. Carlos Garzón y Mireya Vivas. Universidad de los Andes. Educere, arbitrada, Año 3, No. 5, Febrero de 1999

Asumir una posición constructivista que interprete la manera en que las personas adquieren el conocimiento para lo cual se tienen varias consideraciones parafraseando a Carlos Garzón y María Villegas:

1. El conocimiento no es una pasiva copia de la realidad, sino que lo construye el sujeto, a partir de su interacción con el mundo y con otros sujetos. La construcción del conocimiento no parte de cero sino de los conocimientos previos que tiene el sujeto. El nuevo conocimiento se asimila adecuándolo a las estructuras existentes.
2. Para que se realice el aprendizaje es necesaria una actitud mental constructivista del sujeto. No se contempla solo su conocimiento previo sino que involucra sus actitudes, expectativas y motivaciones. Cuando el sujeto establece nexos entre los objetos del mundo, de sí mismo y de los objetos, se interiorizan, se reflexionan y se abstraen conformando el conocimiento.
3. Los resultados de ese proceso de construcción adoptan la forma de esquema de acción (lo que sabemos hacer) y operaciones y conceptos (lo que sabemos del mundo). Con el conocimiento adquirido el sujeto maneja e interpreta el mundo, reestructurando la realidad con lo que se forma una espiral ascendente.
4. En la construcción del conocimiento avances y las dificultades se entremezclan incluso con los retrocesos, por lo que es un proceso dinámico.

A estas consideraciones llegaron Carlos Garzón y María Vivas luego de revisar los planteamientos de varios autores como: Flórez (1994), Lucio (1194), Coll y Gómez (1994), Pozo (1991) y Porlan (1995).

1. Justificación

Los programas curriculares de las Universidades con programas de Ingeniería Eléctrica no incluyen materias de diseño de máquinas, más concretamente de transformadores. A pesar de que la Industria de Fabricación de transformadores en Colombia, es una de las más prosperas, que emplea cerca de 2000 personas y exporta bienes y servicios a otros países.

Las Universidades que cuentan con currículos en Ingeniería Eléctrica son:

- Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín.
- Universidad del Norte en Barranquilla.
- Universidad Tecnológica de Bolívar, en Cartagena.
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, en Bogotá.
- Universidad de La Salle, en Bogotá.
- Corporación Universitaria de la Costa, en Barranquilla..
- Instituto tecnológico Pascual Bravo, en Medellín.
- Universidad Autónoma de Bucaramanga, en Bucaramanga.
- Universidad Autónoma de Occidente, en Cali.
- Universidad de Antioquia, en Medellín.
- Universidad de los Andes, en Bogotá.
- Universidad de Pamplona en Villa del Rosario.
- Universidad del Sinú en Bogotá.
- Universidad del Sinú Elías Bechara Zainum (Unisinú)
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Bogotá.
- Universidad Industrial de Santander, UIS, en Bucaramanga.
- Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

- Universidad Nacional de Colombia en Medellín.
- Universidad Nacional de Colombia en Manizales.
- Universidad Tecnológica de Bolívar en Cartagena.
- Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), en Pereira.
- Universidad del Valle en Cali.

Un total de 22 instituciones universitarias. Consultados sus currículos se encontró que no se incluyen materias de cálculo y diseño de transformadores. Esta materia tampoco se dicta en Instituciones como el SENA.

Las Empresas dedicadas a fabricación de transformadores son las siguientes:

- SIEMENS S.A. en Bogotá.
- ABB transformadores en Pereira.
- Magnetrón en Pereira.
- RYMEL en Medellín.
- Transformadores SUNTEC.
- Nacional de Transformadores en Mosquera.
- ARM Transformadores en Mosquera.
- AWA Ingeniería en Bogotá.
- TMI de Colombia en Cali.
- Transformadores de Colombia en Cali.
- Transformadores CDM en Cúcuta.
- Eléctricos, Ingeniería y Servicios en Bogotá.
- ABC Transformadores en Bogotá.
- Transformadores América en Bogotá.
- Andina TC.
- Transformadores Maxwell en Medellín.

Además De las anteriores empresas fabricantes, en Colombia existen aproximadamente 250 talleres de reparación de transformadores, que también requieren personal técnico con conocimientos en cálculo y diseño de transformadores. Indagados 35 talleres sobre su formación se encontró que todos ellos son empíricos y que sus saberes y habilidades obedecen a un proceso de formación empírica.

En Colombia el CIDET adelanta un proceso de Homologación Técnica de talleres reparadores de transformadores. Aquí se presenta un extracto del objetivo de dicho proceso:

- Certificación de Productos
  - Portafolio Dígital
  - Beneficios
  - Características del servicio
  - Reglamento del servicio de certificación de conformidad de productos
  - Servicios
  - Solicitud del servicio
  - Consulta de certificados
  - **Homologación de talleres de reparación de transformadores**
  - ¿Cómo lo hacemos?
- Certificación de Sistemas de Gestión Especializados
- Inspección de instalaciones
- Consulta de Certificados y Dictámenes

→ Certificación de Productos

Homologación de talleres de reparación de transformadores

La acción de CIDET dentro de la administración de este servicio se hace como encargo de las empresas asociadas a la Corporación, con el único objeto de efectuar una evaluación de la calidad de empresas proveedoras de bienes y servicios del sector eléctrico Colombiano.

El servicio de homologación de talleres de reparación de transformadores no está dentro del alcance de la acreditación y por lo tanto no es una etapa del servicio de certificación de conformidad de productos, ni de sistemas de gestión de calidad.

La Homologación de talleres consiste en verificar la idoneidad de un taller para prestar los servicios de reparación de transformadores y consta de las siguientes etapas:

- Evaluación del Sistema de Calidad: Este requisito se cumple presentando copia de la Certificación del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 vigente.
- Evaluación Técnica: Este requisito consiste en evaluar el proceso de reparación, infraestructura y campo de pruebas. La vigencia de la homologación está sujeta a las visitas de seguimiento que realiza el CIDET

LISTADO DE TALLERES HOMOLOGADOS

Empresa	Ciudad	Vigencia
Asea Brown Boveri Ltda.	Pereira	Permanente
FYR Ingenieros Ltda.	Bogotá, D.C	Permanente
Siemens S.A	Bogotá, D.C	Permanente
Transformadores Suntec S.A	Sabaneta, Antioquia	Permanente
Magnetrón S.A	Pereira	Permanente
Rymel Ingeniería ELéctrica S.A.S	Copacabana, Antioquia	Permanente
Nacional de Transformadores S.A TESLA	Bogotá, D.C	Permanente
AWA Ingeniería Ltda.	Bogotá, D.C	Permanente
ENTESCO S.A.S	Pereira	Permanente
Eléctricos Ingeniería y Servicios Ltda.	Bogotá, D.C	17 de diciembre de 2014
Servicios Tecnoelectroindustriales RBT LTDA	Bogotá, D.C	14 de abril de 2015
Transformadores GVR	Ibagué	12 de agosto de 2014
Electroarco del Oriente S.A.S	Cúcuta	12 de diciembre de 2014
Transformadores CDM Ltda.	Cúcuta	30 de octubre de 2015

Sin desconocer la riqueza e importancia de la formación empírica, esta presenta el inconveniente de que el saber específico de diseño de transformadores, al no ser obtenido mediante un proceso de formación sistemático y formal, hace que el aprendizaje sea lento (pues avanza en función de las dificultades encontradas en el ejercicio de la práctica laboral) y basado en el “ensayo y error”, de hecho, se llega a conclusiones sobre actividades y procesos que se deben y no se deben hacer basados en los resultados obtenidos, pero consideramos que las carreras de ingeniería pueden adoptar en sus pensum este saber en particular, para dotar al estudiante de una herramienta que complementaría y optimizaría su quehacer en el momento de poner en práctica lo aprendido en la Universidad.

Por otra parte, el proceso de enseñanza, de lo que implica el diseño de transformadores serviría también para amplificar y relacionar saberes más generales. Un ejemplo de ello, es lo relacionado con el secado de los transformadores: un técnico empírico sabe que se deben secar el transformador en el horno, pero probablemente desconoce el proceso de secado de un cuerpo, los fenómenos relacionados con la física de la evaporación del agua, la relación entre presión y temperatura, y por ende, no pueden estimar o calcular el tiempo de secado requerido.

Para medir el grado de satisfacción de la capacidad técnica y de la formación del personal técnico dedicado al cálculo y diseño de transformadores, se distribuyó

una encuesta entre los fabricantes nacionales de transformadores cuyos resultados se presentan en la siguiente ficha técnica:

1.1 A la pregunta *¿Considera que la capacitación que las entidades educativas brindan al personal técnico en transformadores es: a) adecuada y suficiente, b) pobre y deficiente, c) ninguna?* El 100 % de los encuestados contestó: b) pobre y deficiente.

1.2 A la pregunta *¿Considera que la capacitación que las entidades educativas brindan al personal tecnológico en transformadores es: a) adecuada y suficiente, b) pobre y deficiente, c) ninguna?* El 100 % de los encuestados contestó: b) pobre y deficiente.

1.3 A la pregunta *¿Considera que la capacitación que las entidades educativas brindan a los ingenieros en el tema de transformadores es: a) adecuada y suficiente, b) pobre y deficiente, c) ninguna?* El 100 % de los encuestados contestó: b) pobre y deficiente.

1.4 A la pregunta *¿Debido a las deficiencias en capacitación de su personal ha debido capacitarlos usted mismo?* El 100 % de los encuestados contestó: SI

La encuesta se repartió a una muestra de ocho (8) fabricantes de transformadores, que representan el 50% de la población de fabricantes, entre el 14 y 16 de mayo de 2014.

El resultado de estas encuestas arrojó que la capacitación que se entrega en las Universidades, Institutos de formación tecnológica y técnica son bastante pobres, por lo cual se ven obligados a capacitar internamente a sus colaboradores, con todas las limitantes que esto implica, porque dentro del objeto social de las empresas no está el de capacitar y obviamente cuentan con personal experimentado en los temas técnicos, más no en la docencia.

Este esfuerzo resulta costoso en la lógica empresarial, pues si se tiene en cuenta que capacitar conlleva tiempo productivo, se dejan de efectuar labores productivas. Adicionalmente mientras se capacita al personal suelen presentarse errores que representan costos y que hacen parte de los costos de no calidad de las empresas.

2. Objetivos.

2.1 Objetivo General

Realizar una propuesta de unidad temática para la enseñanza de diseño de transformadores en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

2.2 Objetivos Específicos.

- Realizar una reflexión Pedagógica en torno al proceso de enseñanza de la asignatura de diseño de transformadores en las carreras de ingeniería eléctrica.
- Desarrollar una propuesta de unidad temática para la enseñanza de la asignatura de diseño de transformadores en las carreras de ingeniería eléctrica.
- Involucrar la Pedagogía y la Didáctica en el proceso de enseñanza del diseño de transformadores para ofrecer este tema como materia electiva en la Universidad Nacional.

3. Planteamiento del problema.

La Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá ofreció como materia de cátedra la asignatura de diseño de transformadores en la década de los ochentas, aprovechando la experiencia y el conocimiento de sus profesores, quienes habían laborado en este sector de la fabricación de transformadores. Los egresados que habían tomado esta asignatura durante su carrera eran bien recibidos en el sector productivo de la fabricación de los transformadores. No obstante, esta cátedra no duró mucho tiempo, y creemos que ello se debió a que los maestros al retirarse de la universidad, se llevaron consigo tanto el saber cómo la posibilidad de instituir su enseñanza dentro de los programas de ingeniería.

En 2012 se planteó al Director del programa de la carrera de Ingeniería Eléctrica la necesidad de retomar la cátedra de diseño de transformadores teniendo en cuenta el crecimiento de esta industria y dado que realmente son pocas las oportunidades de que los estudiantes tengan acceso a procesos de aprendizaje en el área de diseño, aspecto que se puede considerar negativo ya que siendo el diseño aquel proceso mental por el cual el ingeniero busca la solución de un problema que atañe a su disciplina, no son muchas las oportunidades de ejecutar este proceso en los currículos actuales.

El acto intuitivo de diseñar constituye la creatividad, sin embargo, el tomar asignaturas de diseño permite al estudiante conseguir saberes aplicables a esta actividad y lo dota de experiencia en el ejercicio profesional.

De la conversación con el director del programa de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Nacional derivó la pregunta: ¿Cómo asegurar la posibilidad de retomar la cátedra, para poder ofrecer nuevamente la enseñanza de estos

conocimientos que permita a los estudiantes obtener estos saberes y aplicarlos a su ejercicio profesional? Necesariamente emerge desde allí la idea de formular una propuesta didáctica, basada en el conocimiento previo de diseño de quien realiza la propuesta.

Atender estos vacíos de enseñanza en el contexto universitario es el objeto de la presente investigación en pedagogía, adicionalmente, se considera de crucial importancia los saberes adquiridos a lo largo de una carrera profesional y las experiencias recogidas en varias empresas, constituye un conjunto de saberes que se convierte a su vez en contenidos a enseñar.

4. Marco Conceptual

(Se desarrolla parafraseando teorías de Donald Schon en su obra "El profesional Reflexivo")

4.1 Surge la pregunta ¿Qué voy a enseñar?

El objetivo de la Unidad es enseñar el diseño de los transformadores eléctricos iniciando con la descripción de los fenómenos eléctricos y magnéticos asociados, aplicados a la resolución de un problema claro, ¿cómo transformo la energía eléctrica?, lo cual se resuelve con el transformador. Esta interesante máquina involucra y envuelve más cosas de las que podíamos sospechar, debido a la gran cantidad de fenómenos que tiene asociados.

Construir y diseñar un transformador involucra tener conocimientos no sólo eléctricos, sino en mecánica, termodinámica y transferencia de calor, química y otros ajenos a la ingeniería como son la economía y la administración de empresas, lo que hace que en su enseñanza se vea involucrado un enfoque interdisciplinar.

Teniendo claro el que se va a enseñar, viene ahora la pregunta **¿para qué enseñarlo?** Esta pregunta tiene varias respuestas y varios sentidos:

- La primera razón es la necesidad de transmitir a los estudiantes los conocimientos que se recopilaron en toda una vida de ejercicio profesional, incluyendo pero no limitándose a los conceptos técnicos, la ciencia y la tecnología, la facilidad de ejecución y producción, la rentabilidad, etc.

- La segunda razón es aplicar todo estos saberes y conocimientos transmitidos al estudiante para enfocarlo a su aplicación en la industria de fabricación, reparación o mantenimiento de transformadores, para lograr un grado más alto de competitividad técnica y comercial en el mercado internacional de

estos productos, aprovechando los tratados de libre comercio y las facilidades actuales para comercializar estos equipos en otras naciones.

- Una tercera razón es pedagógica, en donde se identifica que es necesario darle un enfoque más pedagógico a este tipo de formación. Nutrirla con los descubrimientos que en el área pedagógica se han realizado a lo largo de los últimos años.

Teniendo claros el qué y el para qué, lo siguiente es determinar el ¿cómo se va a enseñar? Para esto es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

La respuesta derivó en que se requiere formar a un maestro con bases Pedagógicas, teniendo en cuenta que los actuales profesores son básicamente ingenieros versátiles y con experiencia en el ejercicio profesional de estas actividades, con habilidades para enseñar pero que no poseen en la mayoría de los casos los suficientes conocimientos y capacitación en Pedagogía.

Los posibles beneficios de pedagogizar un saber específico como el que aquí nos preocupa no se limita exclusivamente al aumento de la productividad en las empresas, también remite a dotar al estudiante de mejores oportunidades de desempeño profesional y de trabajo. Desde el punto de vista de la formación pedagógica en saberes específicos, también estaríamos formando, de paso, a un futuro maestro que se encargue de este tipo de asignaturas.

El segundo aspecto a considerar era poder utilizar la experiencia del maestro cuando fue alumno, lo cual le permite reflexionar un poco acerca de lo que realmente aprendió, de cómo este conocimiento le sirvió al desempeñarse en la practica, la validez de los conocimientos adquiridos y determinar si fueron suficientes para el ejercicio de la actividad de una manera adecuada, e igualmente, determinar las posibles falencias o vacíos que se presentaron en este proceso.

Un tercer aspecto consistía en aprovechar la experiencia del quehacer diario como maestro dictando esta materia y sus experiencias de enseñanza para así poder reflexionar sobre su metodología y, desde lo pedagógico, llegar a plantear y proponer una unidad temática que tuviese en cuenta los tres aspectos indicados anteriormente.

4.2 Enfoque constructivista

El enfoque constructivista de la enseñanza exige conocer las ideas previas, conocer el esquema conceptual de los estudiantes. De allí que sea importante el uso de las preguntas que conduzcan a una reflexión y que faciliten la explicación.

En este proceso de construcción es importante contar con un clima de libre expresión de los estudiantes, para que no sientan temor a equivocarse.

El docente confía en la capacidad de sus alumnos por lo que fomenta la autonomía moral y cognitiva. Enseña a partir de problemas que tengan significancia para sus alumnos.

Teniendo en cuenta que el constructivismo busca que el aprendizaje sea un acto de crecimiento y desarrollo en libertad como lo describe Álvarez Méndez (1993): "La expresión de una nota crea coacción, miedo, sumisión y también crea los causes para inventar las trampas necesarias para salir airoso de tal empeño".

Mario Carretero en su artículo Constructivismo y Reforma educativa (1997) considera que el constructivismo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

"1. Partir del nivel de desarrollo del alumno.

2. Asegurar la construcción de aprendizajes significativos.

3. Posibilitar que los alumnos realicen aprendizajes significativos por sí solos.

4. Procurar que los alumnos modifiquen sus esquemas de conocimiento.

5. Establecer relaciones ricas entre el nuevo conocimiento y los esquemas de conocimiento ya existentes" [(1)].

El constructivismo considera que el individuo construye su propio conocimiento, no es pues una copia de la realidad, sino que el conocimiento se va construyendo como resultado de la interacción de los conocimientos adquiridos y la sociedad. En el constructivismo se destacan los aportes de Piaget y Vigotsky. El primero quien pensaba que la inteligencia es cualitativa y no solo cuantitativa y que estando en un estadio se adquiere esquemas y se construyen estructuras nuevas. Por su parte Vigotsky consideraba que el conocimiento es el resultado de la interacción social y de la cultura. Los planteamientos de Vygotsky son apoyados por la psicología, que considera que todos los procesos psicológicos superiores, como son el razonamiento, la comunicación y el lenguaje por ejemplo, son adquiridos primeramente en la sociedad y luego se internalizan.

Vigotsky consideraba que "un proceso interpersonal queda transformado en otro intrapersonal. En el desarrollo cultural del niño, toda función aparece dos veces: primero, a escala social y más tarde a escala individual; primero entre personas (interpsicológica), y después en el interior propio del niño (intrapsicológica). Esto puede aplicarse igualmente a la atención voluntaria, a la memoria lógica y a la

formación de conceptos. Todas las funciones psicológicas superiores se originan como relaciones entre seres humanos" (Vygotsky, 1978, pág. 92-94 de la traducción castellana).

En la presente propuesta, el conocimiento social se logra fomentado la participación de cada uno de los estudiantes en la elaboración de un diseño común, que se discute, se analiza y a partir de este conocimiento colectivo los estudiantes interiorizan su conocimiento particular.

Para Vygotsky otro postulado fundamental es el de la zona de desarrollo próximo, que "no es otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con un compañero más capaz. El estado de desarrollo mental de un niño puede determinarse únicamente si se lleva a cabo una clasificación de sus dos niveles: del nivel real del desarrollo y de la zona de desarrollo potencial (Vygotsky, 1978, pag. 133-134 de la traducción castellana).

Gracias a los aportes de Vigotsky consideran que el aprendizaje no sea considerado como una actividad individual, sino social, por lo cual en la última década de acuerdo con Mario Carretero (1997) se hayan desarrollado numerosas investigaciones que demuestran la importancia de la interacción social en el aprendizaje.

Para Carretero en este mismo libro, "El conocimiento que se transmite en cualquier situación de aprendizaje debe estar estructurado no solo en sí mismo, sino con respecto al conocimiento que ya posee el alumno". Igualmente "en cualquier nivel educativo es preciso tener en cuenta lo que el alumno ya sabe sobre lo que vamos a enseñarle, puesto que el nuevo conocimiento se asentará sobre el viejo".

Como se menciono en párrafos anteriores, los estudiantes ya han visto máquinas eléctricas, por lo que tienen nociones coherentes de la teoría de funcionamiento del transformador y el objetivo del curso es guiarlos para que estos sepan construirlo, utilizando conocimientos ya adquiridos, articulándolos con este objetivo.

Para Carretero existen tres tipos de constructivismo:

"1. El aprendizaje es una actividad solitaria. Casi un vicio solitario, añadiríamos por nuestra cuenta, en la medida en que la visión de Piaget, Ausubel y la Psicología Cognitiva se basa en la idea de un individuo que aprende al margen de su contexto social.

2. Con amigos se aprende mejor. Esta posición ha sido mantenida por investigadores constructivistas que pueden considerarse a medio camino entre las consideraciones piagetianas y cognitivas y las Vygotskianas. … el intercambio de información entre compañeros que tienen diferentes niveles de aprendizaje, además de mejorar las condiciones motivacionales de la instrucción.

3. Sin amigos no se puede aprender. Esta sería la posición vygotskiana radical que en la actualidad a conducido ha conducido a posiciones como la "cognición situada" (en un contexto social). Desde esta posición se mantiene que el conocimiento no es un producto individual sino social."

Por tratarse de una propuesta temática dirigida a una cátedra universitaria, resultó muy aportante complementar lo anterior con el escrito de Carlos Garzón y Mireya Vivas [(1)], en el cual los autores plantean "Asumimos el constructivismo como una explicación válida más no como una verdad absoluta y encontramos que todavía hay preguntas sin respuestas, que están en proceso de construcción y a las que nosotros podemos contribuir con la sistematización de nuestro quehacer pedagógico".

En estos autores se encuentran elementos similares a los ya enunciados pero que se complementan con lo ya considerados:

"El conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad pre-existente, sino de un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos"

Para estos autores (Carlos Garzón y Mireya Vivas) el conocimiento tiene las siguientes implicaciones:

"1. El conocimiento no se recibe pasivamente ni es una copia de la realidad, sino que es una construcción del sujeto, a partir de la interacción con el mundo y con otros sujetos. La adquisición de nuevos conceptos se construye a partir de lo que ya posee el sujeto, nunca se parte de cero. Este nuevo conocimiento se asimila, se adecua a las estructuras existentes o bien el sujeto reacomoda, adapta las estructuras ante un nuevo concepto.

2. La actividad mental constructiva del sujeto es el factor decisivo en la realización de los aprendizajes. Es un proceso que implica la totalidad del individuo, no solo sus conocimientos previos sino también sus actitudes, sus expectativas y sus motivaciones. El conocimiento se construye a partir de la acción. La acción permite que el sujeto establezca los nexos entre los objetos del mundo, entre sí

mismo y esos objetos que al interiorizarse, reflexionarse y abstraerse, conforman el conocimiento.

3. Los resultados de este proceso de construcción son constructos mentales que adoptan la forma de esquemas de acción (lo que sabemos hacer) y de operaciones y conceptos (lo que sabemos sobre el mundo). El conocimiento adquirido constituye el repertorio con el cual el sujeto maneja e interpreta el mundo, Ese saber no se almacena en forma sumatoria o de simple acumulación de experiencias de aprendizaje, sino que constituye una reestructuración de la realidad por el propio aprendiz, organizándose en una especie de espiral ascendente.

4. La construcción del conocimiento es un proceso en el que los avances se entremezclan con las dificultades, bloqueos e incluso retrocesos. Es un proceso dinámico" (Carlos Garzón y Mireya Vivas, "Una Didáctica Constructivista en el Aula Universitaria", revista EDUCERE, 14 junio 2014).

Un enfoque constructivista lleva asociado una serie de retos, ya que construir el conocimiento ya no se limita a suministrar información, proporcionar datos, etc. Ahora es necesario se debe apoyar y dirigir al estudiante para que construya su conocimiento. En este enfoque la tarea del docente es plantear interrogantes para incitarlos a buscar, a construir conceptos con significado más complejo.

Alcanzar este enfoque obliga a motivar asertivamente al alumno. Por lo tanto es importante también considerar y profundizar en este tema. Para Sergio Montico (2004) "Existe coincidencia en definir la motivación como un conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta. Motivar al alumno es orientarlo en una dirección y asegurar que se sigan los pasos necesarios para optimizar el vínculo entre la enseñanza y el aprendizaje". "Este concepto de motivación implica que un alumno motivado es aquel que: 1) despierta su actividad como estudiante, a partir de su interés por estudiar una cierta disciplina en acciones concretas, como la de inscribirse en un curso o materia determinada; 2)dirige sus estudios hacia metas concretas, procurando elegir un curso o materia que tenga objetivos de aprendizaje congruentes con sus metas personales; y 3) sostiene sus estudios en una forma tal que, con esfuerzo y persistencia, llega a conseguir las metas predeterminadas" (citado por: Carlos Garzón y Mireya Vivas, "Una Didáctica Constructivista en el Aula Universitaria", revista EDUCERE, 14 junio 2014).

La enseñanza de saberes específicos no puede ser ajena a la reflexión pedagógica. Más allá de optimizar el aprendizaje o de favorecer los procesos productivos en las empresas, mediante este trabajo se espera una reflexión sobre

la enseñanza de un saber específicos que ha escapado a estos marcos. En efecto, el acto pedagógico se lleva a cabo en la enseñanza de los saberes en las carreras de ingeniería en las universidades, pero este acto es poco reflexionado desde el punto de vista pedagógico propiamente dicho.

De manera inicial, proponemos una mirada pedagógica de la enseñanza del saber específico del diseño de transformadores desde el conocimiento profesional docente, las didácticas específicas y el profesional reflexivo. Siguiendo los lineamientos que hemos citado, fomentando la participaci{on del grupo, la interiorización del conocimiento y la construcción{on del mismo dentro de la actividad diaria de la clase, enfocada a lograr obtener el diseño de un transformador determinado.

4.3 Conocimiento profesional docente

Para Schön (1998), se debe comenzar por interpretar que hay dos tipos de conocimientos profesionales: El **conocimiento académico**, fundamentado en el conocimiento disciplinar adquirido en la formación inicial, organizado en una lógica disciplinar y los **saberes basados en la experiencia** desarrollados en el ejercicio de la profesión. Estos saberes también pueden ser denominados “de oficio” y son conocimientos personales surgidos de la experiencia cargados de un gran contenido emocional para quien los adquirió. Adquiridos en la cultura del trabajo, partiendo de actitudes, valores, creencias y formas de hacer las cosas.

Estos saberes son denominados por la autora francesa “Chartier” (2000) saberes ordinarios, son saberes que orientan a la acción. Son saberes diferentes a los elaborados que son alcanzados en un proceso de formación, el desarrollado entre pares, el de la transmisión de los “secretos de oficio”, aquellos emanados de las dificultades del quehacer diario, resultado de juicios, decisiones y acciones eficientes que realizan los profesores de manera espontánea.

Existentes teorías implícitas, más relacionadas con el “no saber” que con el saber, relaciones entre pensar y actuar. Con estos saberes basados en la experiencia profesional buscamos construir conocimiento, que nos permiten identificar aspectos teóricos, prácticos, explícitos e implícitos que inciden en la evolución de estos conocimientos.

En esta propuesta temática se considera que los secretos del oficio los trae el profesor del ejercicio de su experiencia y los transmite como problemas a resolver durante la ejecución de la clase, los saberes extraídos de la practica y los saberes de oficio son los del profesor que se transmiten a los alumnos.

4.4 Didácticas Específicas

La Universidad unifica la ciencia y el trabajo intelectual para formar las competencias laborales de los educandos hacia una formación profesional. Las competencias se logran más fácilmente con profesores que han tenido experiencia en el sector productivo ya que estas experiencias al ser parte del discurso educativo contribuyen en el educando a considerar y reflexionar sobre problemas prácticos que va a enfrentar en su ejercicio profesional.

En esta enseñanza de saberes específicos (Moreno 2008), el reto está en aprender-haciendo con el objeto de resolver problemas laborales, siendo la Universidad aquella institución que busca la construcción de conocimiento científico, ello en el marco de su papel protagónico de reflexionar y cuestionar su proceso intelectual de los conocimientos en cuanto a la pertenencia y pertinencia de los mismos en la actividad laboral. En el ejercicio profesional se descubren problemas que no habían sido considerados inicialmente y que llevan a descubrimientos científicos y tecnológicos. Este aprender "sobre la práctica" facilita el descubrimiento de nuevos fenómenos asociados al funcionamiento de los equipos.

Es por lo anterior que la enseñanza universitaria se materializa en acciones didácticas específicas, para lograr autonomía en sus estudiantes, en su formación y en sus capacidades de análisis y reflexión de los saberes específicos y las competencias laborales por medio de un proceso de enseñanza dialectizado por la didáctica tanto general como específica.

Este tipo de enseñanza requiere del docente una identidad profesional, docente y laboral, soportada por una didáctica de construcción de conocimientos específicos de contenidos de distintas áreas del saber y cuya enseñanza implica como diría Bernard (2008)que existe una lógica entre el estudiante y el saber que está definida por los contenidos del saber a enseñar, constituido en el contenido de una ciencia o disciplina suscrito en un espacio teórico.

Los saberes disciplinares que orientan las prácticas docentes son la base de los conceptos que fundamentan la participación docente. Es por esto que la docencia, como práctica social y objeto de enseñanza en la formación de los estudiantes, se inserta en la educación y en la sociedad.

La Didáctica como rama de la Pedagogía posee un objeto específico, el proceso enseñanza-aprendizaje y la relación entre ambos. (Marhuenda:2000:20) y (Mazzeo y Romano, 2007:35-37). La Didáctica considera la forma de aprender del ser humano, los conocimientos son el objeto de la enseñanza.

4.5 El Profesional Reflexivo

Retomando los conceptos de Schön (1988), “la práctica docente se caracteriza por la complejidad, la incertidumbre, la inestabilidad, la singularidad y el conflicto de valores y adicionalmente la perspectiva técnica no es la adecuada para la gestión de la problemática en el aula. La actividad docente es una actividad reflexiva y artística, donde se incluyen algunos aportes técnicos. Por eso se debe llegar a una nueva epistemología en la práctica de los procesos intuitivos que los profesionales tenemos con los ya mencionadas situaciones de incertidumbre, complejidad, inestabilidad y conflicto de valores.

La reflexión en la acción es una respuesta a la necesidad de profesionalizar al maestro y como propuesta tiene la intención de superar la relación lineal y mecánica entre un conocimiento científico-técnico y que es entendido como un conocimiento “superior” y la práctica en el aula como dependiente de este. El éxito de un docente en este caso depende de su habilidad para manejar la complejidad y resolver problemas prácticos. Esta habilidad requerida es la capacidad para integrar el conocimiento y la técnica.

Esta habilidad es un proceso de reflexión en la acción y es el conocimiento de este proceso es una condición previa necesaria para comprender la actividad eficaz del docente ante problemáticas singulares. Este proceso reflexivo sirve para optimizar la respuesta del docente ante situaciones reales, ya que el profesional debe colocar sus recursos intelectuales al servicio de la situación, para que por intermedio del análisis y búsqueda de estrategias o soluciones se satisfagan las necesidades del aula de forma eficaz.

La reflexión es una forma de conocimiento, es un análisis y propuesta global que llevan a la acción. El conocimiento teórico o académico pasa a ser un instrumento del proceso de reflexión, teniendo en cuenta, que por ser un instrumento solo se produce cuando la teoría se integra de forma significativa. El pensamiento práctico es muy importante y es por este que se llega a ser un profesional reflexivo. Este pensamiento práctico considera tres fases:

El Conocimiento en la acción. Es el componente inteligente o mental que orienta toda la actividad humana, el que se encuentra en el saber-hacer. Es una rica acumulación de conocimiento tácito personal, vinculado a la percepción, a la acción o al juicio existente en las acciones espontáneas del individuo. Es un conocimiento implícito en la actividad práctica que acompaña siempre a la persona que actúa.

Todo conocimiento tiene dos componentes, el componente teórico que se aprende por medio del estudio científico en la Universidad y el otro, el saber en la acción que viene de la práctica profesional, que es espontáneo y dinámico. Es importante

por eso que el docente, además del conocimiento teórico, tenga un buen bagaje de conocimiento práctico, experimental y vivencial.

Reflexión en y durante la acción. Es el pensamiento producido por el individuo, sobre lo que hace, según actúa. Es un proceso de reflexión en la acción sobre una problemática concreta. Es inmediato en el momento captando in situ las diversas variables del problema o situación que se está viviendo. Es una reflexión que nace de la sorpresa ante lo inesperado.

Inicialmente se presenta una situación sobre la cual vienen respuestas espontáneas y rutinarias.

Después de estas respuestas encontramos el conocimiento en la acción, el cual aparece generalmente en forma de estrategias, comprensión de fenómenos y manera de definir una tarea o problemática asociada a la situación".

De acuerdo con Schon, "el conocimiento en la acción es tácito, se formula espontáneamente sin reflexión consciente y es funcional produciendo resultados esperados siempre y cuando la situación no cambie. Inicialmente las respuestas rutinarias producen sorpresa por un resultado inesperado ya sea agradable o desagradable. La sorpresa obliga a la atención, o no sería detectada por el individuo. Cabe destacar que la sorpresa se interpreta como variación sobre lo esperado, no son situaciones familiares.

Después de la sorpresa viene la reflexión.

La reflexión se produce de forma consciente, el pensamiento reflexivo se crea tanto de la respuesta inesperada como de la acción que permite detectarla. La reflexión busca la respuesta a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué está sucediendo?
b) ¿Está ocurriendo algo sorpresivo o no usual?
c) ¿Es adecuado lo que estoy haciendo?
d) ¿Tengo que corregir, modificar, o cambiar lo que estoy haciendo para recuperar el equilibrio?
e) ¿Debo comprobar que voy por buen camino?
f) Si no voy por buen camino ¿hay una mejor manera de proceder?
g) ¿Cómo he estado pensando en esto?

Es decir, el pensamiento se centra en el fenómeno que causa la sorpresa y paralelamente sobre sí mismo.

La reflexión en la acción cuestiona al conocimiento por ser de carácter crítico, provocando una situación inesperada que lleva a buscar nuevas estrategias de

acción o a reestructurar las ya utilizadas y ayuda acomprender la situación y encontrar la solución al problema.

La reflexión lleva a la experimentación in situ y sobre la marcha. La reflexión se produce sobre la acción. Se ensayan nuevas acciones, se realizan nuevos enfoques, se comprueba que se comprende la situación. El objetivo de la experimentación es llegar a los resultados esperados, en espacios de tiempo muy cortos haciendo que los tiempos de la sorpresa y la reflexión casi sean los mismos".

Cabe señalar que el conocimiento obtenido por la reflexión se encuentra limitado por presiones espacio-temporales y por las demandas psicológicas y sociales del escenario donde tiene lugar la acción. A pesar de las dificultades resulta ser un proceso rico en la formación del docente. *"Cuando hablamos del profesor nos estamos refiriendo a alguien que se sumerge en el complejo mundo del aula para comprenderla de forma crítica y vital, implicándose afectiva y cognitivamente en los intercambios inciertos, analizando los mensajes y redes de interacción, cuestionando sus propias creencias y planteamientos proponiendo y experimentando alternativas y participando en la reconstrucción permanente de la realidad escolar". (Schön, 1992:89).*

Esta clase de conocimiento permite corregir, reorientar o mejorar sobre la marcha los planteamientos previos y la propia acción. Este conocimiento es muy útil para los profesionales flexibles y abiertos a la complejidad de las situaciones prácticas y conlleva a un aprendizaje significativo.

Reflexión sobre la acción y sobre la reflexión en la acción. Esta fase corresponde al análisis *posteriori* sobre los procesos y características de la acción. Esta fase de la reflexión constituye el componente esencial del proceso de aprendizaje permanente del profesor, quien en su interacción elabora un diseño flexible de enfoque que experimenta y reorienta el resultado de la reflexión.

Este tercer tipo de conocimiento es imprescindible en el proceso de formación permanente del profesional práctico ya que permite la puesta en consideración y cuestionamiento individual y colectivo de:

- Las características de la situación problemática presentada.
- Los procedimientos presentados en el diagnóstico y definición del problema.
- La determinación de las metas, la selección de los medios y la propia intervención que pone en acción las decisiones tomadas.
- Los esquemas de pensamiento, las teorías implícitas, las creencias y formas de presentar la realidad vivida por el profesional práctico.

Estos tres componentes del pensamiento práctico no deben ser entendidos como independientes entre sí, sino que se necesitan mutuamente para garantizar una intervención práctica racional.

El profesional reflexivo es una de las obras más destacadas de Donald Schon (1998). En esta obra postula que la acción es la que lleva al conocimiento, así como la reflexión sobre la acción. Sus postulados aunque algo fuertes (de allí que hemos transcrito bastantes apartes de su obra), encajan en la presente propuesta temática en el sentido de que los saberes que se van a enseñar se consiguen de manera más segura sobre la práctica, sobre la acción. El diseñar transformadores es asunto de práctica continua, es acción pura,

Contexto del aprendizaje técnico en los lugares de trabajo

La necesidad de contar con colaboradores bien formados y con suficientes conocimientos para que puedan participar y aportar en un proceso constructivo de transformadores, llevó a la conclusión de que ante la escaza oferta académica en este tipo de formación, deberían enfrentarse estas falencias capacitando al personal y dándole los saberes necesarios para que pudiese efectuar sus actividades con la calidad y la rigurosidad suficiente para que el producto resultara de calidad aceptable.

Es así como la Empresa se convertía sin quererlo en un Centro de Formación Técnica, sin ser este su objetivo social e incluso sin tener conciencia del proceso formativo que estaba emprendiendo. Generalmente cuando se vincula personal con experiencia uno de los criterios de selección es su formación, la cual se restringe a los estudios básicos (primaria y bachillerato) y a la experiencia en empresas similares y a los años laborados en las mismas, las cuales los dotaban de algunas destrezas, que constituyen actualmente la oferta del empleado a la empresa.

Este personal “experimentado” se contrata y se coloca bajo “observación” del jefe inmediato con el objeto de determinar la verdadera profundidad del conocimiento adquirido por el empleado en las otras empresas. En muchas ocasiones se determinó que el conocimiento que el empleado trae, es completamente opuesto a los requerimientos de la empresa y a su forma de trabajar por lo cual no se adaptaba a las necesidades actuales de la empresa, ante lo cual se vislumbraban solo dos posibilidades: prescindir del trabajador o someterlo a un proceso de re-formación, lo cual implicaba por parte del trabajador-alumno o trabajador en formación, la disposición para adaptarse a este proceso de re-formación, cuestionando los saberes que traía adquiridos de otras empresas, entender que no eran los correctos y asimilar y aprender los nuevos conceptos.

Esta labor es especialmente ardua si se tiene en cuenta que en un país como el nuestro, donde nuestra clase trabajadora ha tenido un pobre acceso a la educación (la mayoría ni siquiera termina el bachillerato) y mucho menos a la formación técnica o tecnológica (el SENA o instituciones similares), por lo cual, su trabajo se constituye en su único medio de formación en donde su oficio aprendido, le da una identidad ante la sociedad. Es por esto que al enfrentarse con la realidad de que lo aprendido no es suficiente, genera diversas reacciones en estos trabajadores-alumnos en sus procesos de re-formación, a tal punto, que la mayoría de ellos prefiere retirarse o seguir haciendo sus actividades como siempre las ha hecho, , con resultados poco alentadores, errores cometidos, fallas de los equipos, garantías o reprocesos costosos para la empresa.

Es por lo anterior que muchas compañías prefieren vincular ayudantes sin experiencia, para irlos formando y llevando al nivel de conocimiento que la empresa requiere, en base a sus aptitudes, capacidades y habilidades, las cuales el jefe inmediato irá descubriendo y afianzando en su colaborador, convirtiéndolo en un “coach” o entrenador personal y sin quererlo lo convierte en un jefe-formador o jefe-maestro.

Sin darse cuenta la empresa además de ser una organización productiva, con un objeto social claro y unas políticas de calidad y de producción, se ha transformado en una institución de formación, muchas veces sin estar preparada para ello y los trabajadores-alumnos aprenden porque es su única oportunidad de ascender y ganar un salario mayor para su beneficio y el de sus familias.

Un reto adicional que surge en este punto, es el hecho de tener que educar a personas adultas, muchas de las cuales han abandonado hace muchos años ya las aulas de clase y que por lo tanto requieren de una motivación especial para regresar a ellas. Increíblemente en una empresa las posibilidades de ascenso y de mejora de las condiciones salariales están muy unidas al aumento en el aprendizaje del trabajo y de los elementos que lo constituyen. Una motivación inadecuada al adulto ocasiona que este prefiera quedarse en su “zona de confort”, renunciando a aprender más y aquedarse instalado en el cargo actual por el resto de su vida.

Una adecuada formación y por ende de conocimientos en un trabajador, le permite desarrollar su labor de manera más organizada y productiva, con más calidad y seguridad en lo que se está haciendo. Es así como vemos en las fábricas, bobinadores que saben hacer bobinas, pero no tienen ni la más remota idea de lo que es un aislamiento o para que sirve, de la clase térmica de estos materiales aislantes, de los canales de refrigeración y de función en la bobina, o ensambladores que no conocen ni siquiera los grupos de conexión o cortadores

de lámina que no saben que esta tiene una orientación magnética o de encubadores que no conocen su proceso y no saben que el no realizar un proceso de vacío, por ejemplo, está afectando las distancias dieléctricas y con ello aumentan las posibilidades de falla del equipo.

Se debe ofrecer mucha capacitación pero no se tiene formación para entregarla. Las prácticas pedagógicas en las empresas se limitan a “hágalo así y no se preocupe porqué”, limitando al trabajador a realizar simplemente un oficio manual, desprovisto de todo respaldo técnico que indique por qué las cosas se deben hacer de esa manera. Estas practicas no tienen en el fondo un rigor de aprendizaje pero constituyen algo de conocimiento previo.

5.0 Propuesta de la unidad temática

El enseñar tradicional está determinado, para el caso de los ingenieros diseñadores, inicialmente por la definición del transformador, la identificación de sus componentes, de los materiales que lo constituyen y con los que se fabrican dichas componentes. El papel que juega el transformador en los circuitos eléctricos, su desempeño y sus propiedades.

El primer transformador eléctrico fue construido por Michael Faraday en 1831, cuando realizaba experimentos que finalmente lo llevaron a descubrir la inducción electromagnética. Utilizó para ello dos bobinas, una devanada sobre la otra. Observó que al abrir y cerrar la corriente en la primera bobina, se inducía tensión en la segunda. Sin embargo Michael Faraday no prestó mucha atención a este fenómeno pues era otro su objeto de estudio.

La propuesta es la siguiente:

Nombre de la cátedra:	**Diseño de transformadores**
Tipo:	Electiva Técnica.
Duración;	80 horas.
Intensidad;	2 horas semanales.
Institución:	Universidad Nacional de Colombia.
Sede:	Bogotá.
Facultad:	Ingeniería
Departamento;	Ingeniería Eléctrica.
Profesor:	Luis Antonio Sarmiento.

Cupos: 30

Dirigido a: Estudiantes de pregrado que ya hayan cursado Maquinas I

Objetivos: Diseño de transformadores de distribución y potencia, detallando todas las etapas de diseño, el cumplimiento de la normalización nacional e internacional, de las especificaciones del cliente y los reglamentos técnicos obligatorios (RETIE).

Para el diseño se consideran los siguientes aspectos principales:

- Diseño eléctrico
- Diseño magnético
- Diseño dieléctrico
- Diseño Térmico
- Diseño mecánico

Metodología de enseñanza:

Clases teóricas en el tablero. Participación individual en el tablero. Participación en grupo para los temas de discusión.

Evaluación:

Cada estudiante realizará un diseño propio que le será asignado desde el comienzo del curso y uno común para todos, cuya calificación será ponderada en función del costo del transformador, siendo el de menor costo el que obtenga la mejor nota y los demás diseños serán calificados en ponderación al mejor seleccionado en costos. Cada uno de estos tendrá un valor del 30% de la nota final. El 40% restante será obtenido de las discusiones en grupo de los temas de discusión propuestos al final de cada capítulo.

Temario:

1. Introducción al cálculo.

   Datos de entrada del diseño, Normatividad, Aspectos legales (RETIE), especificaciones del cliente. Tema de discusión: Normas ANSI vs IEC.

2. Circuito Magnético. Tipos de núcleo. Características de la lámina magnética. Cálculo y determinación de la inducción de trabajo. Tema de discusión: saturación del núcleo.

3. Devanados. Determinación de la tensión por espira. Cálculo de las espiras primarias y secundarias. Tipos de conductores: alambres redondos y cuadrados, pletinas y folios. Materiales conductores: cobre y aluminio. Selección de los conductores. Tema de discusión: Sistemas constructivos de bobinas.

4. Cálculo y determinación de los aislamientos de las bobinas y distancias de aislamiento. Propiedades de los materiales aislantes. El aire y el aceite dieléctrico como aislamientos. Tema de discusión: aire o aceite.

5. Dimensionamiento de las bobinas y el núcleo. Determinación de las pérdidas del núcleo, de los devanados. Estimación de las pérdidas adicionales. Tema de discusión; Eddy loss, stray loss, efecto piel y efecto de proximidad. Corrientes circulantes.

6. Determinación del gradiente de temperatura de los devanados contra el medio aislante, aceite o aire. Dimensionamiento del tanque. Distancias dieléctricas y de seguridad. Tema de discusión: Gradiente óptimo de temperatura.

7. Consideración de los esfuerzos mecánicos de cortocircuito. Esfuerzo térmico de cortocircuito. Tema de discusión: curva de daño del transformador.

Bibliografía

- Karsai, Kerengi. “Large power transformers”
- Del Vechio, Poulin. “Transformer Design Principles”
- Kulkami, Kharparde. “Transformer Engineering. Design and Practice”

6.0 Consideraciones Técnicas.

Entre agosto de 1884 y marzo de 1885, los ingenieros húngaros, KárolyZipernowsky, OttóBláthy y MiksaDéri, de la compañía Ganz, de ese país, crearon en Budapest el modelo “ZBD”, que es el primer transformador eléctrico como lo conocemos en nuestros días. Estos Ingenieros descubrieron además que la relación entre espiras era igual a la relación entre tensiones:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Donde:

Vs es la tensión secundaria

Vp la tensión primaria

Ns el número de espiras del secundario

Np el número de espiras del primario.

En la solicitud de patente de este modelo se utilizó por primera vez la palabra “transformador”.

En 1885, George Westinghouse compró esta patente y utilizó el diseño con fines comerciales, creó la Westinghouse Electric Company, después llamada Westinghouse Electric Corporation. Esta empresa fue competidora de la empresa General Electric de Thomas Alba Edison. Sus enfrentamientos en el campo técnico serían conocidos en la historia como “la Guerra de las Corrientes”. Westinghouse contó entre sus ingenieros con Nikola Tesla y fue gracias a él que pudo patentar el transporte de energía eléctrica de corriente alterna.

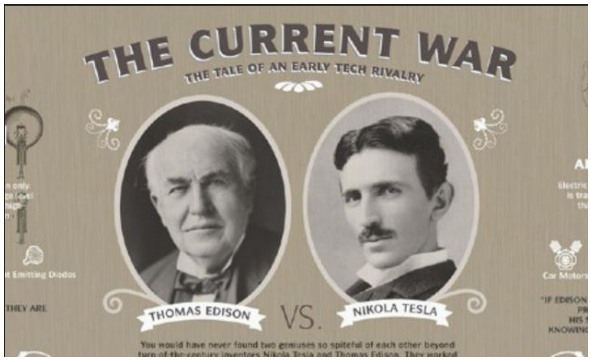

Foto 1. Imagen alusiva a la guerra de las corrientes. Fuente: http://www.timetoast.com/timelines/la-guerra-de-las-corrientes

La Guerra de las corrientes fue una competencia económica que se presentó entre las empresas General Electric de J. P. Morgan y Thomas Alba Edison y Westinghouse Electric Corporation de George Westinghouse y Nikola Tesla, por el mercado de la generación y distribución de electricidad en los Estados Unidos.

La principal aplicación del transformador fue la de elevar la tensión para poder transmitirla a distancias lejanas. Esto constituyó la ventaja del sistema de distribución de energía eléctrica en corriente alterna.

El transformador eléctrico y su papel en los sistemas eléctricos.

Veamos ahora las partes que constituyen un transformador eléctrico y sus funciones, comenzando por el núcleo que es el medio por el cual la energía eléctrica de entrada se transforma en energía magnética y esta se vuelve a convertir en energía eléctrica en la salida pero bajo otras condiciones. Se incluyen las principales ecuaciones que fundamentan el estudio de este fenómeno físico.

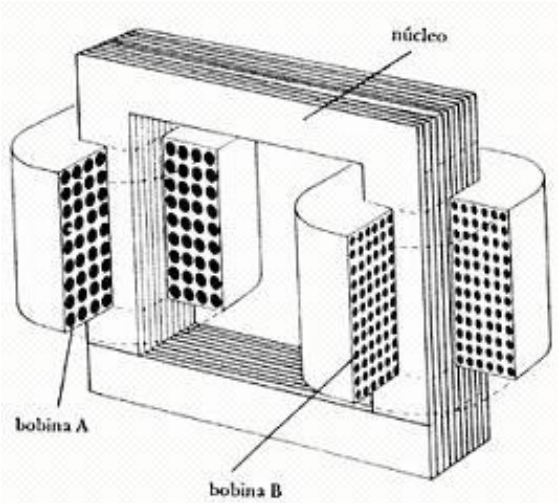

Fig. 1. Esquema descriptivo de un transformador eléctrico.

Como ya se mencionó antes, el transformador aprovecha el principio de inducción electromagnética, descubierto por Michael Faraday en 1831, quien observó la presencia de una corriente alterna cuando un cuerpo es sometido a un campo magnético variable. Posteriormente Heinrich Lenz encontró que la corriente inducida se opone al cambio de flujo magnético.

De esta forma los elementos que constituyen un transformador son la bobina primaria que toma energía eléctrica y la convierte en energía magnética, la cual se presenta fundamentalmente en el núcleo y por ser variable en el tiempo, induce una corriente eléctrica en el secundario. Cabe señalar que los principios de diseño de un transformador no han cambiado mucho desde el comienzo, sino las propiedades de los materiales con que son construidos.

Luego de determinado esto, será necesario comenzar a adentrarse en los procesos del cálculo del transformador. Un campo magnético puede concebirse como una serie de líneas de campo confinadas en un área, sin embargo, dependiendo del material, el número de líneas de campo que puede contener

dicha área es limitado. Se definió la densidad de flujo magnético o inducción magnética, como el flujo magnético que tiene un material por unidad de área. Inicialmente la determinación de la inducción de trabajo, será el primer paso cuando se inicia el diseño de un transformador. Los fabricantes de la lámina magnética entregan curvas que relacionan las pérdidas del núcleo en Vatios (W) en función de la inducción de la lámina medida en Teslas (T).

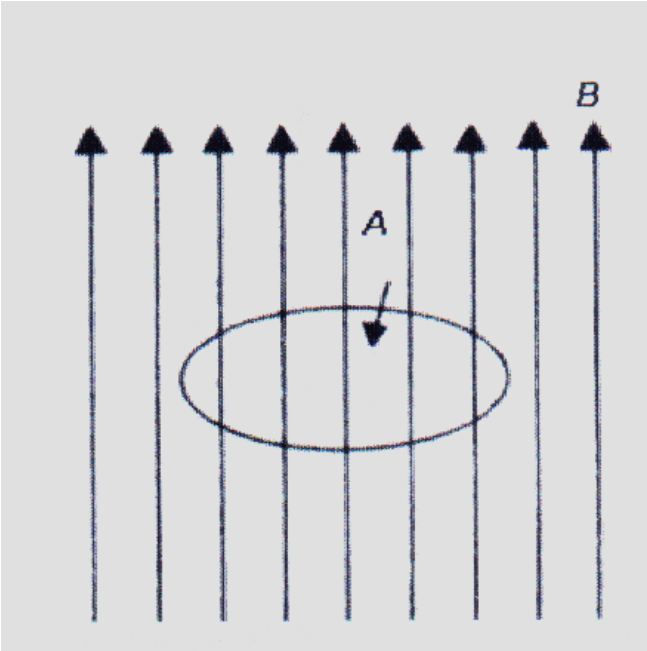

Fig. 2. Representación de las líneas de campo magnético B. Las que están dentro del área A, constituyen la densidad de flujo..

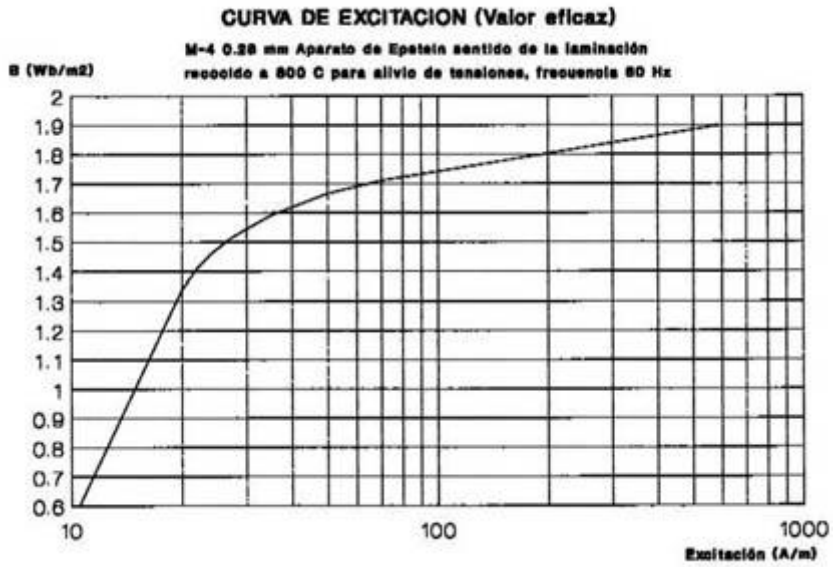

Fig. 3. Curva típica de una lámina magnética.

Teniendo para ello claro el comportamiento del material (en este caso la lámina magnética), lo que se busca es cumplir los requisitos de las normas y de las especificaciones del diseño mismo dadas por el cliente. Es claro que las pérdidas sin carga del transformador dependen exclusivamente del núcleo y estas a su vez de los Vatios por kilogramo, que están definidos por la lámina magnética que utilizamos.

Con la definición de la inducción de diseño y el área del núcleo se encuentra el número de espiras, que es la base para el cálculo eléctrico del transformador:

$$\mathbf{Ns = \frac{Vp * 10^8}{4{,}44 * B * F * K_f * Sn}}$$

Donde,

Ns = Número de espiras del secundario.

Vp = Tensión de fase en el primario

B = Inducción en Gauss (1 Tesla = 10.000 Gauss)

F = Frecuencia en Hz

Sn = Sección del núcleo en cm^2

Diseño de los arrollamientos.

Determinado el núcleo se da inicio al diseño eléctrico de las bobinas, para lo cual se determinan el número de espiras de los devanados, las densidades de corriente, el arreglo de capas dentro de las bobinas, lo cual conlleva al inicio de los cálculos y verificaciones del aislamiento. Interpretar el concepto de BIL (Basic Insulation Level) o como es conocido en español NBA (Nivel Básico de Aislamiento). Encontrar las pérdidas de los devanados y con estas el calentamiento que sufrirán los elementos constitutivos de las bobinas y vigilar que

no excedan sus límites de operación, lo cual redundaría en una falla incipiente del equipo.

Para fabricar una bobina el conductor empleado puede ser cobre o aluminio y el tipo de conductor depende de su geometría y puede ser:

- Folio que es un laminado delgado del ancho y el espesor en mm que se requiera para el diseño

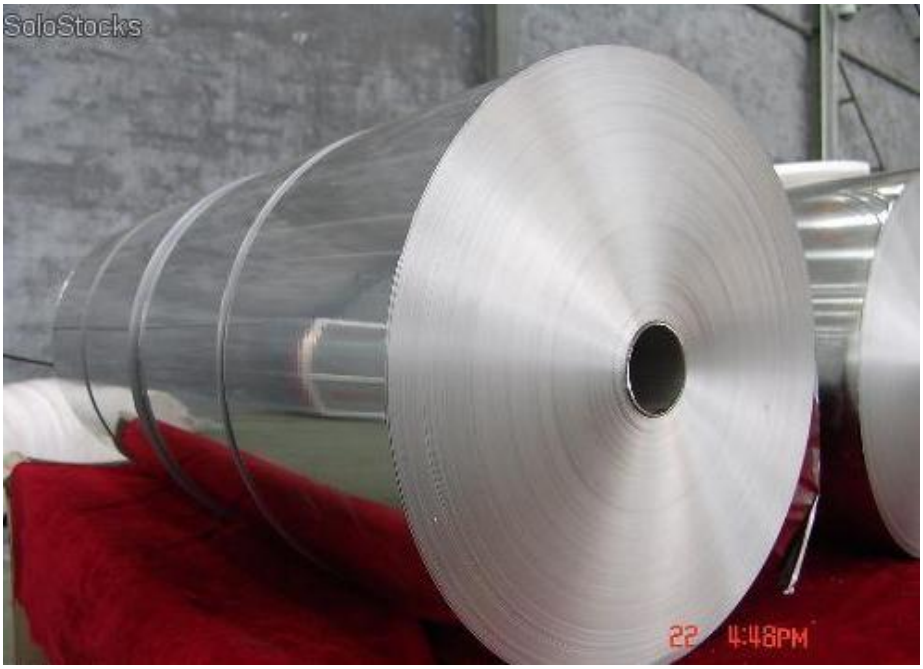

Foto 2. Folio en este caso de aluminio.

- Conductor rectangular que es básicamente un alambre de sección rectangular aislado con papel o esmalte dieléctrico.

Foto 3. Alambres rectangulares de cobre aislados con papel.

- Alambre redondo de cobre o aluminio esmaltado. Su sección es circular, su diámetro se define con la clasificación de alambres de la awg (American Wire Gauge)

Foto 4. Alambre redondo de cobre esmaltado.

Como ya se tiene determinado el número de espiras, con el criterio de la densidad de corriente se selecciona el área del conductor. Esta área depende del material que se utilice, pues como se ha dicho antes puede ser cobre o aluminio.

- Cobre: Resistividad $\Rightarrow \rho = 0.0176\ \Omega \cdot mm^2/m$
  Densidad $\Rightarrow \delta = 8.9\ \ kg/dm^3$
  Fuerza a la tracción: $\Rightarrow \chi = 28\ \ kg/cm^2$

- Aluminio: Resistividad $\Rightarrow \rho = 0.0260\ \Omega \cdot mm^2/m$
  Densidad $\Rightarrow \delta = 2.7\ \ kg/dm^3$
  Fuerza a la tracción: $\Rightarrow \chi = 14\ \ kg/cm^2$

Tabla 1. Comparación de las propiedades del cobre y el aluminio.

De acuerdo a estas propiedades de cada material se calculan los pesos requeridos del material y la resistencia eléctrica del conductor y con esta se determinan las pérdidas de cada bobina.

Para aislar las espiras unas de otras se utiliza un papel aislante. El papel que habrá de utilizarse depende del tipo de transformador, es decir, si es un transformador seco o sumergido en aceite aislante. Los transformadores sumergidos en aceite tienen una elevación de temperatura máxima de 105 ºC por lo cual el papel a utilizar será clase térmica A0, para 129 ºC y en transformadores secos la elevación de temperatura puede llegar a 180 ºC por lo que se utiliza un papel clase térmica H o C. El H es para 180 ºC y el C para 220 ºC.

Características Técnicas:

Propiedades	Unidad	Norma	Valores						
Espesor			0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Espesor base del PSP 3055 (sin recubrimiento)	µm	CEI 641-2	125	150	200	250	300	400	500
Espesor del recubrimiento de resina	µm	CEI 641-2	20 - 40						
Espesor final del DD-preg 1110 (con recubrimiento)	µm	CEI 641-2	155	180	230	280	330	430	530
Tolerancia sobre espesor total	mm	-	± 0,02						
Peso específico aparente de PSP 3055 base	g/cm^3	CEI 641-2	1,2 - 1,25						
Gramaje base del PSP 3055 (sin recubrimiento)	g/cm^2	CEI 641-2	150	180	240	300	360	480	600
Gramaje final del DD-preg 1110 (con recubrimiento)	g/cm^2	CEI 641-2	160	190	250	310	370	490	610
Resistencia a la tracción MD TD	 N/mm^2 N/mm^2	CEI 641-2	 80 a 120 50 a 70						
Elongación a la rotura MD TD	% %	CEI 641-2	> 6 > 8						
Retracción tras el secado MD TD	% %	CEI 641-2	< 0.6 < 0.6						
pH de extracto acuoso	-	CEI 641-2	6 a 8						
Conductividad del extracto acuoso	µS/m	CEI 554	2 a 4						
Contenido de cenizas	%	CEI 641-2	< 0,5						
Contenido de humedad	%	CEI 641-2	6 a 8						
Rigidez dieléctrica en aire	kV	CEI 243-1	1,3	1,95	2,6	3	3,3	4	4,5
Rigidez dieléctrica en aceite	kV	CEI 243-1	9,9	12	16	18	21	25,6	29

Tabla 2. Propiedades del papel clase A0.

Table I – Typical electrical properties

Nominal Thickness (mil) (mm)	2 0.05	3 0.08	5 0.13	7 0.18	10 0.25	12 0.30	15 0.38	20 0.51	24 0.61	29 0.73	30 0.76
Dielectric strength AC rapid rise[1] (V/mil) (kV/mm)	460 18	565 22	715 28	865 34	845 33	870 34	850 33	810 32	810 32	760 30	680 27
Full wave impulse[2] (V/mil) (kV/mm)	1000 39	1000 39	1400 55	1400 55	1600 63	N/A N/A	1400 55	1400 55	N/A N/A	N/A N/A	1250 49
Dielectric Constant[3] at 60 Hz	1.6	1.6	2.4	2.7	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	3.7	3.7
Dissipation Factor[3] at 60 Hz (x 10^{-3})	4	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7

[1] ASTM D149 using 50 mm (2 inches) electrodes, rapid rise; corresponds with IEC 60243-1 subclause 9.1 except for electrode set-up of 50 mm (2 inches)
[2] ASTM D3426
[3] ASTM D150

Tabla 3. Propiedades eléctricas del papel clase C

Table III — Typical Mechanical Properties

Nominal Thickness (mil) (mm)	2 0.05	3 0.08	5 0.13	7 0.18	10 0.25	12 0.30	15 0.38	20 0.51	24 0.61	29 0.73	30 0.76	Test Method
Typical Thickness[1] (mil) (mm)	2.2 0.06	3.1 0.08	5.2 0.13	7.2 0.18	10.2 0.26	12.2 0.31	15.3 0.39	20.4 0.52	24.2 0.61	28.7 0.73	30.6 0.78	ASTM D374
Basic Weight, g/m²	41	64	115	174	249	310	395	549	692	846	839	ASTM D646
Density, g/cc	0.72	0.81	0.88	0.95	0.96	1.00	1.02	1.06	1.13	1.16	1.08	
Tensile Strength, N/cm MD	43	68	141	227	296	380	462	610	728	832	816	ASTM D828
XD	19	34	71	116	161	208	252	374	500	623	592	
Elongation, % MD	9	12	16	20	22	23	20	21	18	16	18	ASTM D828
XD	7	9	13	15	18	18	16	17	14	13	14	
Elmendorf Tear, N MD	0.7	1.2	2.3	3.7	5.6	7.1	9.0	14.3	N/A	N/A	N/A	TAPPI414
XD	1.5	2.4	4.8	7.2	10.6	13.7	16.7	24.8	N/A	N/A	N/A	
Initial Tear Strength[2], N MD	11	16	31	48	69	88	110	158	191	233	233	ASTM D1004
XD	6	9	17	27	42	55	71	114	153	193	193	
Shrinkage at 300°C, % MD	1.8	1.1	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
XD	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	

[1] Method D; 17 N/cm²
[2] Data presented for Initial Tear Strength is listed in the direction of the sample per ASTM D1004.
The tear is 90 degrees to sample direction — hence for papers with a higher reported MD ITR, the paper will be tougher to tear in the cross direction.
MD = machine direction of paper
XD = cross direction of paper

Tabla 3. Propiedades mecánicas del papel clase C

Table IV — Thermal Conductivity

Nominal Thickness (mil) (mm)	2 0.05	3 0.08	5 0.13	7 0.18	10 0.25	15 0.38	20 0.51	30 0.76
Density, g/cc	0.72	0.81	0.88	0.95	0.96	1.02	1.06	1.08
Thermal Conductivity,[1] mWatt/meter K	103	114	123	143	139	149	157	175

[1] All data taken at 150°C

Figure 11. Limiting Oxygen Index (LOI) — Nomex® paper Type 410—0.13 mm (5 mil)

Tabla 4. Conductividad Térmica del papel clase C

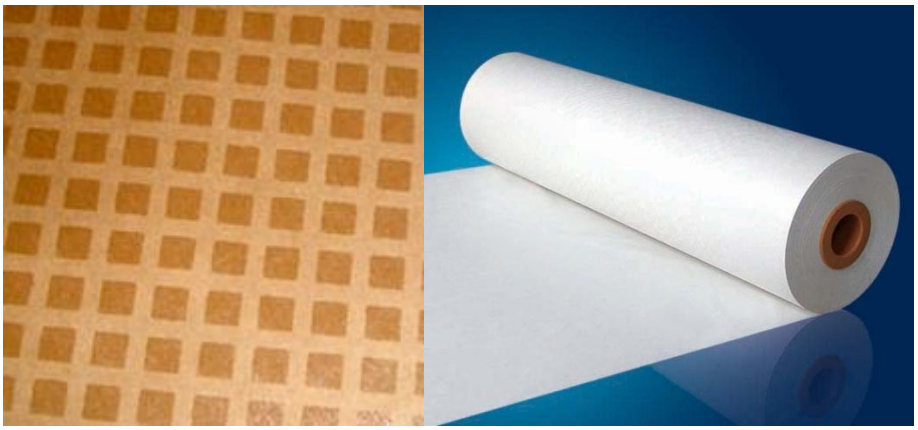

Foto 5.Papel termopox a la izquierda y nomex a la derecha.

Con base en las características aislantes o dieléctricas de los papeles indicados se diseña el aislamiento de la bobina, Esto permite devanar la bobina de baja tensión.

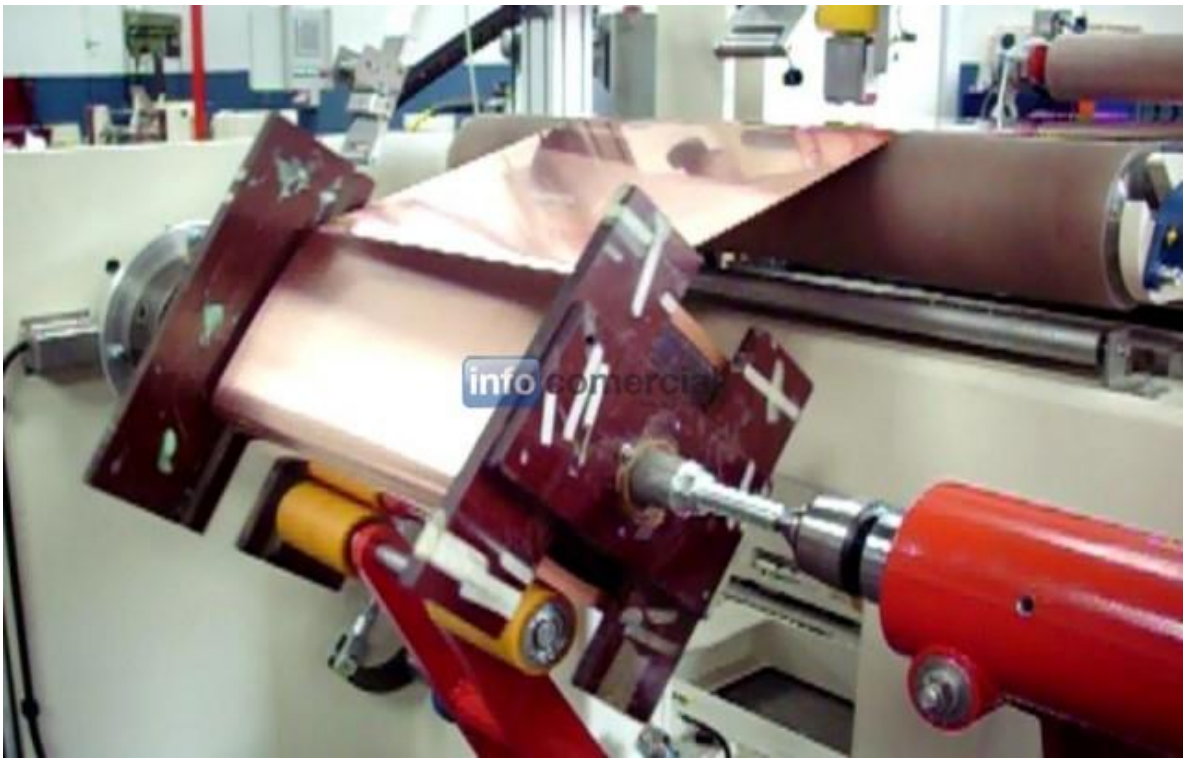

Foto 6.Proceso de bobinado utilizando folio de cobre y papel clase A0.

Igual procedimiento se sigue con la bobina de alta tensión, solo que esta comúnmente se devana con alambre esmaltado de cobre. El cálculo de las bobinas involucra otros factores, los cuales se presentan resumidos y en forma de gráfica en las siguientes figuras:

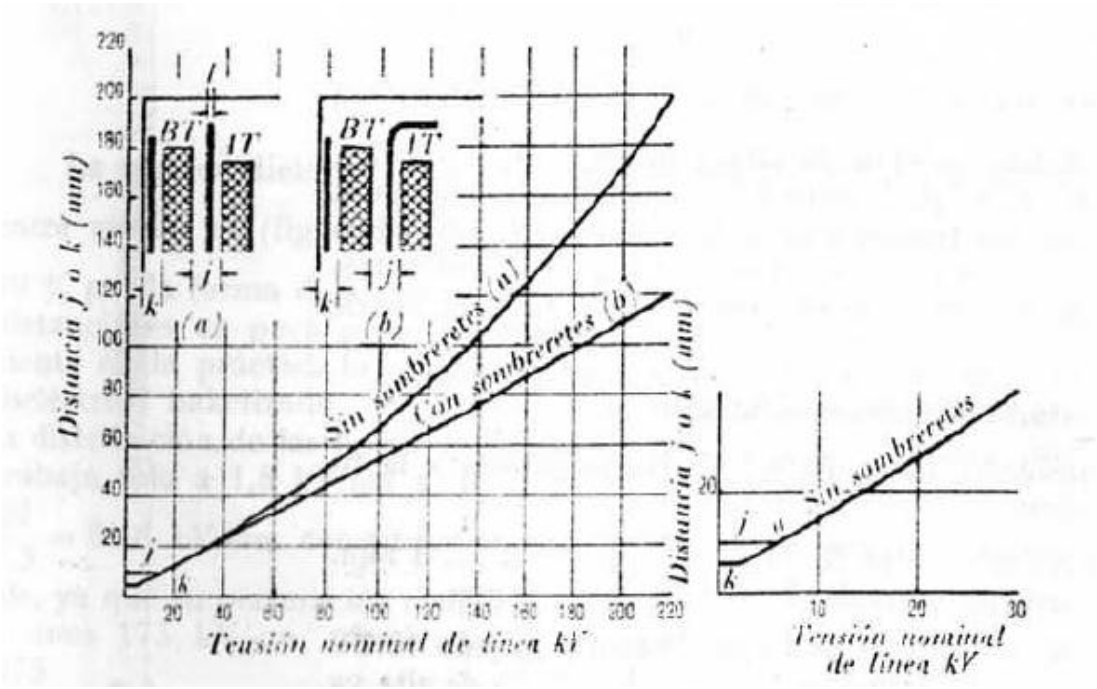

Fig. 4. Distancia mínima c entre devanados de A.T. y B.T..

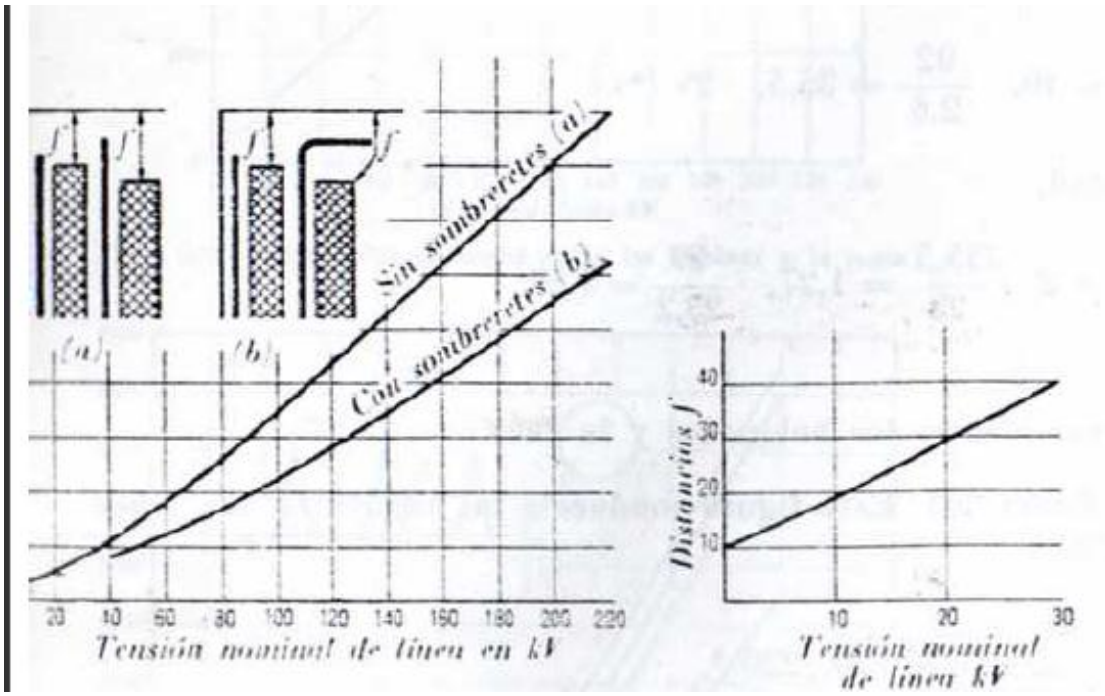

Fig. 5. Distancia mínima F entre devanados y el yugo del núcleo.

Estas distancias son también conocidas como distancias dieléctricas y deben considerarse para evitar descargas disruptivas en el aceite. Cuando se trate de transformadores secos, estas distancias deben ser multiplicadas por cuatro (4).

El núcleo del transformador puede ser según su construcción, apilado o enrollado. Se acostumbra utilizar los núcleos apilados para potencias del transformador por encima de 1000 kVA de potencia. En el núcleo apilado como su nombre lo indica, se apilan las láminas magnéticas unas sobre otras para configurar el núcleo. En el enrrollado, estas forman lazos que se abren para introducir las bobinas.

Foto 7. Núcleo apilado tres piernas. Fuente :Frana International.

Foto 8. Núcleo enrollado tres piernas. Fuente :Frana International.

Definidas las bobinas se dimensiona el núcleo, se calcula su peso, sus dimensiones físicas y su peso. Con estos datos y las características de la lámina magnética, se determinan las pérdidas del núcleo y su corriente de excitación, las cuales están limitadas por la norma de fabricación.

Foto 9. Partes activas de transformadores sometidas al proceso de secado en horno. Fuente: www.rymel.com.co.

Después de secar la parte activa esta se introduce en su tanque. Este tanque contiene el aceite del transformador. Este aceite cumple tres funciones en el transformador:

1. Aísla las partes energizadas del tanque que es tierra.
2. Por un proceso de convección refrigera las bobinas extrayendo el calor de los devanados y llevándolos a través del tanque o cuba y de los radiadores o disipadores al aire circundante para que el equipo no alcance elevaciones de temperatura peligrosas.

3. Preserva los materiales metálicos de la oxidación.

Foto 10. Proceso de encube de un transformador. Fuente: http://transformadorescdm.galeon.com/servicio.html

Bobinas y núcleo constituyen la llamada parte activa con la cual se dimensiona el tanque. Con los datos de pérdidas se calcula el calentamiento total y se determinan las necesidades de refrigeración del tanque con lo cual se calculan los radiadores.

También se tienen consideraciones de distancias dieléctricas de las bobinas al tanque. Estas consideran la distancia de aislamiento que se necesita para evitar que se presenten disrupciones en el aceite entre las bobinas y el tanque. Estas se pueden observar en la siguiente gráfica.

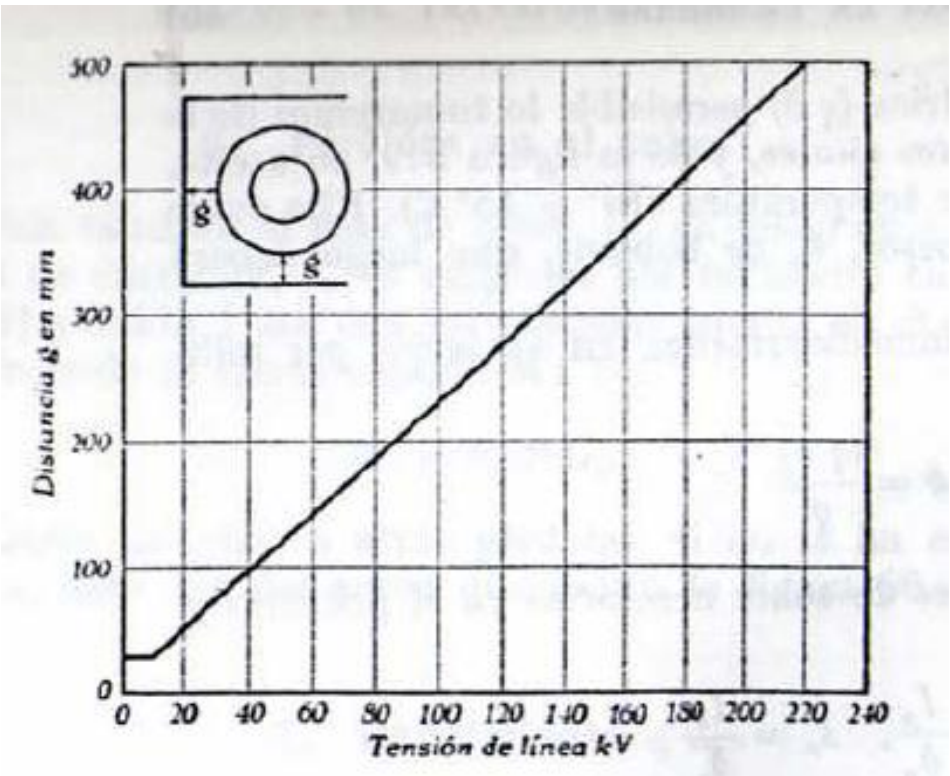

Fig. 6. Distancia mínima g entre devanados y el tanque del transformador.

En el diseño del tanque se involucran cálculos de otras disciplinas de la ingeniería, básicamente de la Ingeniería mecánica. El tanque es una estructura hermética sometida a presión, por lo cual su dimensionamiento se hace con base en la resistencia de los materiales con que son fabricados, para prevenir deformaciones y roturas. Para minimizar costos se utilicen espesores calculados de chapa de acero y se colocan refuerzos de lámina para disminuir los esfuerzos que se presentan sobre el tanque.

También se realiza un estudio térmico del trasformador que determina las dimensiones y cantidades de los elementos de refrigeración conocidos como radiadores. Estos se calculan para que cuando el transformador esté operando, las temperaturas límites establecidas en klas normas de fabricación no se excedan. Lo que llevaría a un envejecimiento acelerado de los aislamientos, lo cual puede terminar en una falla del equipo.

El tanque debe ser tropicalizado, es decir, recubierto con pintura adecuada que soporte las incidencias del clima o la polución del sitio donde el transformador va a ser colocado.

Como dentro del tanque se pueden presentar durante la operación presiones altas, es necesario colocar un dispositivo de alivio de aquellas presiones que resulten peligrosas para evitar explosiones del tanque.

También se deben considerar las distancias externas:

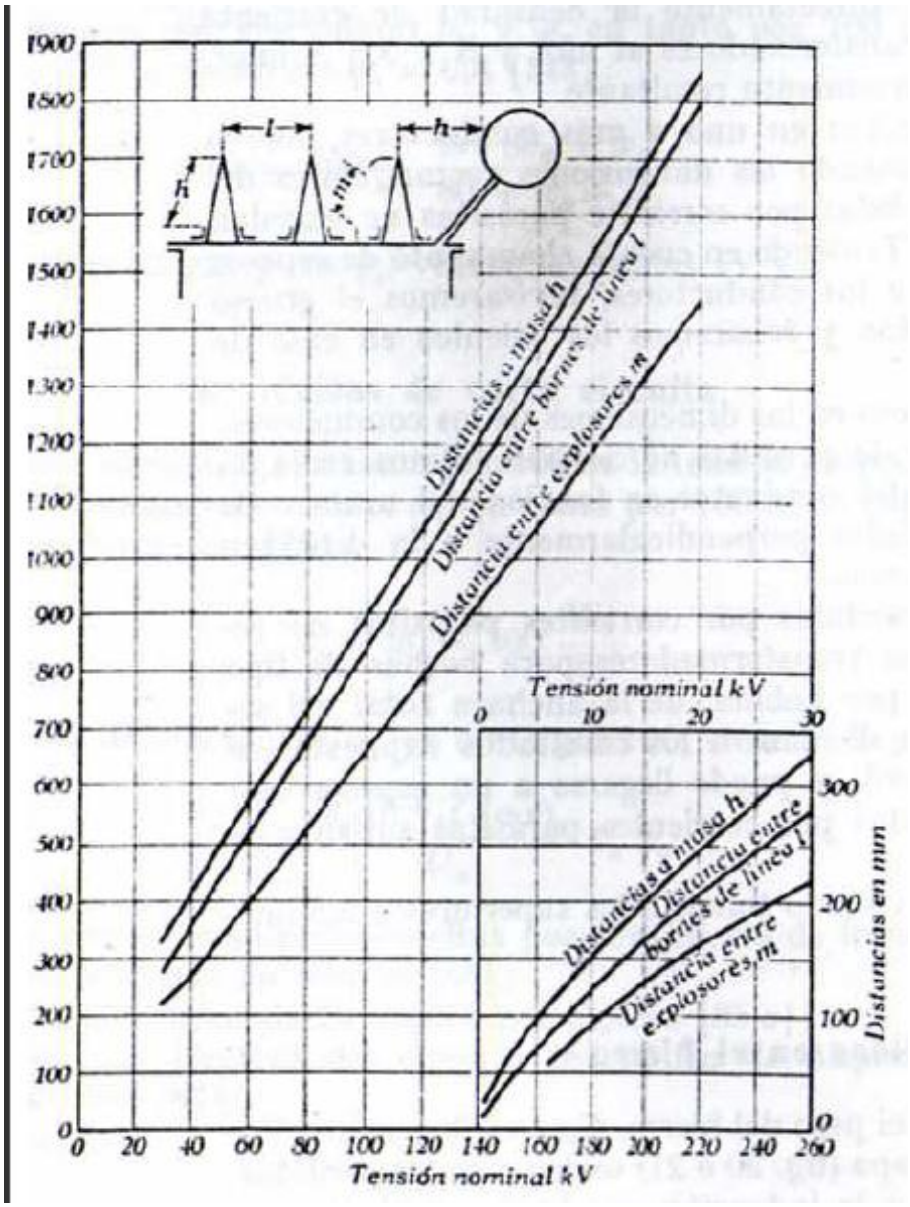

Fig. 7. Distancias mínimas de aislamiento externo.

Una vez terminado el cálculo eléctrico, mecánico y térmico, se determinan los esfuerzos de cortocircuito con base en la determinación de la impedancia de las

bobinas y se calculan los esfuerzos sobre las bridas y el tanque. Todos estos cálculos apoyados en la resistencia de los materiales. Finalmente el diseño conforme es estudiado en costos y se determina si económicamente es viable.

Con esto termina el procedimiento general de diseño. En este punto cabe señalar que estos temas son impartidos a los ingenieros diseñadores. Para el personal técnico en planta se debe enseñar solamente fracciones de este conocimiento y determinadas a una base matemática sencilla que puedan comprender.

Lo anteriormente descrito resume el saber sabio, el cual ahora se convierte en el objeto de enseñanza y al cual se debe realizar una transposición didáctica, para dejarlo apto para ser enseñado.

La transposición didáctica es aquel proceso que transforma un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza ((Chevallard 1998). Con estos saberes se realizan creaciones didácticas de objetos, tanto de saber y de enseñanza. Ese saber sabio fue construido tanto con los conocimientos iniciales, como con la práctica propia del trabajo y es el que se constituye un objeto de enseñanza.

La presente investigación didáctica sobre el conocimiento profesional docente analiza su construcción y su evolución. Para esto se analizan los discursos docentes, entendiendo estos como "una secuencia coherente de enunciados que se pone al servicio de la formación del estudiante" Luis G. Giraldo (2009), en relación con la construcción del conocimiento académico y los saberes adquiridos en el ejercicio profesional. A partir de estos análisis se reflexiona sobre algunas teorías relacionadas.

Reflexionando sobre el proceso de aprendizaje que se dio en la Universidad Nacional se observó que los maestros asignaban mucha importancia al conocimiento profesional docente incluso por encima de la práctica docente. En segundo término al contexto institucional que incluye problemáticas socioculturales y económicas asociadas y por último la experiencia docente basada en el ejercicio docente, generalmente muy poco apoyada por la pedagogía, por lo que se le da poca significancia en la resolución de problemas.

Por otra parte no debemos olvidar que esta enseñanza de saberes específicos se va a realizar en adultos. G. Sarrouy, (en articulo http://white.oit.org.pe/spanish/260ameri/oitreg/activid/proyectos/actrav/edob/material/pdf/archivo28.pdf) clasifica los métodos educativos basándose en la relación profesor – alumno, en cuatro categorías:

- Métodos Didácticos.
- Métodos de mostrativos.

- Métodos interrogativos.
- Métodos activos.

Todos estos métodos como se dijo dependen de la relación entre el profesor y el alumno. En la primera el profesor hace una exposición, donde explica, habla, actúa y se torna en sujeto activo, mientras que el alumno escucha, recibe y es básicamente un sujeto pasivo, lo cual constituye la debilidad del método, pues hace que el alumno sea dependiente y carezca de iniciativa. En el segundo el profesor produce una señal externa que desencadena una acción refleja en el alumno de tal forma que cada vez que el alumno encuentre señales externas de este tipo responderá con reacciones adquiridas. El inconveniente de este método es que aquí no entra en juego la inteligencia sino los actos reflejos y la infraestructura nerviosa. En el tercer método el profesor plantea preguntas y el alumno, escucha, responde y descubre. Finalmente en el cuarto método el profesor cataliza al alumno como si fuese una reacción química, potencializando al alumno.

Por tratarse de una enseñanza de la enseñanza de saberes que solo el profesor conoce pues los alumnos no lo saben y de enseñar a adultos el método preferido es el de la clase magistral. El método No. 1. En este método la enseñanza es oral. En este método la psicología a realizado aportes para mejorar este método y aumentar su eficacia, Por ser comunicación oral, se sabe que hay un emisor del mensaje y un receptor, el que emite el mensaje sabe quien lo recibe y el que recibe sabe que le van a enviar, utilizando expresiones comunes y con un objetivo claro,

Por tratarse de una exposición oral la psicología enseña que las clases no deben superar los 50 minutos que es el tiempo en el que el cerebro asimila lo que escucha, después de este tiempo la eficiencia baja debido al cansancio que genera la concentración. También se sabe que la máxima concentración se alcanza entre los 20 y los 35 minutos, por lo cual es conveniente enseñar los aspectos más relevantes del tema en ese momento.

El conocimiento profesional docente es un conjunto de representaciones cognitivas orientadas a la práctica, que permiten al profesor la interpretación de los problemas de enseñanza y aprendizaje a los que se enfrenta y determinan, en gran medida, el enfoque de las actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación que desarrolla en su práctica profesional (Badia 2004).

Ahora entrando a analizar de donde dóndeviene ese conocimiento y como se llega a él, una forma puede ser su saber profesional desarrollado en clases inicialmente

y en la práctica posteriormente, sin embargo otros consideran que el conocimiento del profesor no se reduce a aquello que pueda declarar sino que existe una naturaleza implícita que solo se puede manifestar por la actividad docente en el aula de clase (Brome y Tillena, 1995; Putnam y Borko, 2000).

Resulta indiscutible la necesidad de formación de los estudiantes en competencias profesionales para participar en los procesos productivos laborales que la sociedad necesita para su transformación y lograr el cumplimiento del encargo social.

Siendo el estudiante el eje central del proceso de enseñanza y en el presente caso estando tan limitado de tiempo por tener que adelantar sus tareas productivas, para que el profesor pueda contar con una participación activa, se hace necesaria la flexibilización del horario, permitiendo que el alumno participe en el momento que sea posible, incluso en su casa fuera del horario de trabajo y para conseguir este propósito, nada mejor que las TIC. Se deben integrar entonces las TIC en el ambiente de aprendizaje y analizar y determinar los logros de la implementación de esta tecnología en el proceso de aprendizaje.

El interés de los empresarios es el de capacitar a su personal de manera tal que no se les reste tiempo productivo, buscando la mejora continua que les permita disminuir sus costos de no calidad. Se ha determinado que la mayoría de errores en producción obedecen a desconocimiento del personal, lo cual redunda en falta de capacitación. Se han realizado también estimaciones de costos de no calidad, determinando que pueden llegar a ser el 30% de la utilidad, lo que indica que se puede cubrir económicamente el costo de las capacitaciones, con los costos que se generan en este ítem.

Indiscutiblemente el uso de estas tecnologías presenta una influencia mental sobre los procesos de adquisición del conocimiento de los usuarios, por lo cual vale la pena debido al gran volumen de información que se puede manejar, sin embargo los TIC producen más cambio en los procesos que en el conocimiento en sí. El conocimiento puede construirse de una manera colectiva, pues no perdamos de vista que quienes toman el curso son empleados que laboran ya en el tema de estudio y que ya poseen algunos saberes y experiencias que al ser compartidas fortalecen el conocimiento colectivo.

El uso de estas herramientas lleva consigo también una democratización del conocimiento, pues este puede ser transmitido a varias personas del grupo y no como antes restringirse solo a la persona que iba a la Universidad o al Instituto Tecnológico sino que aplica a un grupo tan grande y tan interdisciplinario como el

dueño de la empresa lo quiera y llegar a una socialización del conocimiento.Lo anterior nos asegura una penetración del conocimiento antes insospechada.

Este método aunque innovador no riñe con los esquemas tradicionales y puede llegar a constituirse una simbiosis entre ambos métodos, logrando aún mejores resultados. El estructurar la información conlleva a una automatización de la misma y a la aparición de gestores que la organicen. Tanta diversidad en la información permite la creación de un conocimiento colectivo.

Los elementos de este modelo propuesto serían los siguientes:

- La información técnica como materia prima del modelo.
- Su capacidad de penetración en todos los sectores que se desee.
- La lógica de interconexión en el sistema le da una estructura flexible.
- La convergencia e integración de las tecnologías en un sistema general.

Cabe señalar que el mismo sistema puede evaluar al estudiante, identificando sus avances, sus progresos y sus limitaciones dentro del proceso de aprendizaje y mediante refuerzos llevar al alumno a superar estas dificultades.(1)

7.0 CONCLUSIONES

La formación de los ingenieros en las diferentes Universidades se realiza merced a las clases dictadas por docentes que son ingenieros, pero es conveniente y necesario vincular a la Pedagogía a estos procesos formativos, para asegurar la enseñanza de este saber en particular y de la formación de los futuros ingenieros.

Se debe hacer énfasis en aquellos retos técnicos que se presentan durante la fabricación, generalmente no considerados en los textos, así involucren fenómenos eléctricos o magnéticos, que muchas veces presentan inconvenientes en el desempeño del transformador o que se constituyen en sorpresas a la hora de ensayar un equipo terminado. Tal es el caso del aumento en las pérdidas por efecto piel (también conocido como efecto skin) o el efecto de proximidad,

Esta serie de vacios que se presentan durante el desarrollo de la profesión y específicamente durante el diseño y fabricación, nos llevan a reflexionar en el tipo de saber inicial que recibimos. En defensa del método tradicional de enseñanza diremos que no todas las situaciones se habían presentado, las limitaciones en tensiones y potencias eran otras. La calidad misma de la energía era otra, libre de armónicos pues en esa época la electrónica de potencia hasta ahora comenzaba.

Los países desarrollados trabajan mucho en investigación, sin embargo, los fabricantes nacionales también, e indiscutiblemente un proceso de formación encaminado a la investigación, desarrollo e innovación brindará sus frutos en corto tiempo. Es no menos que sorprendente que nuestros ingenieros colombianos desarrollen transformadores tan especiales como los transformadores desfasadores (shiftingtransformers) solamente con el cumplimiento de los requisitos técnicos de un cliente, o por la observación de catálogos y fichas técnicas de equipos extranjeros.

Es prioritario dar un reenfoque a la formación de los ingenieros especialistas en estas cuestiones y esto solo puede lograrse a través del camino de la Pedagogía.

Referencias

El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan, Schön, Donald (1998), EditorialPaidós, Barcelona.

La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y aprendizaje en las profesiones (1987).

La integración de las TIC en las instituciones de educación superior como proyectos deinnovación educativa.Dr. Jesús Salinas. Universidad de las Islas Baleares

La transposición didáctica. Del saber Sabio al Saber Enseñado. Chevallard, Yves. (1998).

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (T.I.C.), Consuelo Belloch Orti. Unidad de Tecnología Educativa.

Didáctica de la Educación Superior: nuevos desafíos en el siglo XXI. Dr. Tiburcio Moreno Olivos. Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico.

El conocimiento didáctico del Contenido Biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes, de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Edgar Orlay Valbuena Ussa. 2007.

Una didáctica constructivista en el aula universitaria. Carlos Garzón y Mireya Vivas. Universidad de los Andes. Revista Educere, Arbitrada, Año 3, No. 5, Febrero 1999.

¿Qué es el constructismo?. Carretero, Mario.Desarrollo cognitivo y aprendizaje. Constructivismo y educación. Progreso México, 1997. Pp 39-71.

La motivación en el aula universitaria: una necesidad pedagógica?. Sergio Montico. Ciencia, Docencia y Tecnología No. 29, año XV, noviembre de 2004.

Teoría, cálculo y construcción de transformadores. Juan Corrales Martin. 1969.