

# Categorización de Conocimientos de Ingeniería Aplicados en un Laboratorio Universitario con Uso Intensivo de Normas

**Diego M. Ferreyra**

[dferreyra@frsfco.utn.edu.ar](mailto:dferreyra@frsfco.utn.edu.ar)

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco  
Avenida de la Universidad 501 (2400) San Francisco (Prov. de Córdoba), ARGENTINA

## Resumen

*En el presente artículo, se pretende explicitar el valor epistemológico y académico del trabajo realizado por estudiantes de ingeniería en un ámbito complementario al académico tradicional y articulado con él. El ámbito considerado, un laboratorio universitario de investigación y servicios, se plantea como medio para que los estudiantes accedan con naturalidad a diversas categorías de conocimiento en ingeniería. Con este fin, se enumeran ejemplos concretos de todos los tipos de conocimientos aplicados por un grupo de estudiantes avanzados de ingeniería durante su desempeño como becarios en un laboratorio universitario de ensayo de máquinas eléctricas. Específicamente, se analiza la realización de ensayos a terceros en función de ciertas normas IRAM e IEC, servicio que se presta a empresas del medio bajo la supervisión de docentes-investigadores. Para categorizar tales conocimientos, se utilizan las categorías y subcategorías sugeridas por el filósofo de la ingeniería Walter Vincenti, destacando especialmente la importancia superlativa de las normas como forma de conocimiento en ingeniería.*

## Palabras clave

Normas, categorías de conocimiento en ingeniería, carreras de ingeniería, laboratorios universitarios, máquinas eléctricas

## 1. Introducción

El Centro de Investigación, Desarrollo y Ensayo de Máquinas Eléctricas (CIDEME) que es objeto de este estudio depende institucionalmente de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), lo cual otorga una orientación académica a todas sus actividades, incluida la prestación de servicios a terceros. Las instalaciones y parte del equipamiento utilizado pertenecen a WEG Equipamientos Eléctricos SA ([www.weg.com.ar](http://www.weg.com.ar)), empresa que cede el usufructo de tal infraestructura al CIDEME por medio de un convenio *ad hoc*, a condición de que se la mantenga en condiciones operativas y que dicha empresa tenga prioridad en la contratación de los servicios prestados.

El CIDEME realiza ensayos, diseños y estudios electromecánicos relacionados principalmente con normas IEC e IRAM. Los motores eléctricos asincrónicos son la incumbencia principal, pero se trabaja en otros ámbitos, como la verificación de condiciones de seguridad de electrodomésticos, y la prueba de tableros eléctricos de maniobra y comando. Los responsables operativos de la mayor parte de los trabajos a terceros que se realizan en el CIDEME son estudiantes de ingeniería que se desempeñan como becarios bajo la supervisión del director del centro y, por lo general, de otro docente-investigador.

En el presente trabajo, se pretende clasificar los conocimientos que deben aplicar los becarios en la prestación de servicios, utilizando como referencia las categorías y

subcategorías de conocimientos de diseño en ingeniería planteadas por Vincenti<sup>1</sup>, además de las consideraciones realizadas por Vaca y Monge acerca de las normas como forma de conocimiento tecnológico<sup>2</sup>. Al realizar la enumeración de los conocimientos de ingeniería a los que se ven expuestos los becarios, puede intuirse un resultado muy positivo desde el punto de vista didáctico, aunque la ratificación del potencial de asimilación de conocimientos en este contexto queda más allá del alcance de este artículo.

Sobre los casos prácticos históricos estudiados para proponer la categorización detallada en su obra, Vincenti hace la salvedad de que “aunque todos los casos provienen de la aeronáutica, se piensa que... (estas) generalizaciones... tienen un alcance más universal”<sup>3</sup>. Además, como sostienen Vaca y Monge, “si bien Vincenti en su obra se refiere al conocimiento en el diseño en la ingeniería, es lícito hablar de conocimiento tecnológico en un sentido más amplio”<sup>4</sup>. Se proponen entonces ejemplos de conocimiento que encuadran en la categorización de Vincenti pero que pertenecen al área de la ingeniería eléctrica y mecánica, más específicamente relacionados con los motores eléctricos asincrónicos y sus medios de accionamiento, teniendo en cuenta la declaración de Vincenti de que “la extensión de las generalizaciones (de esta categorización) a las otras ramas requerirá más bien una ampliación y una modificación en lugar de una revisión fundamental”<sup>5</sup>.

Cabe destacar además que, teniendo en cuenta la declaración general de que “diseñar es una actividad de resolución de problemas”<sup>6</sup>, en el presente análisis no se evalúan exclusivamente conocimientos de ingeniería relacionados con el diseño de objetos, artefactos o sistemas, sino que se piensa en términos amplios de conocimientos tecnológicos orientados a la resolución de problemas de ingeniería.

## 2. Metodología y consideraciones preliminares

La rotación bianual de becarios en el CIDEME implica la participación concurrente de estudiantes de diferente nivel de formación académica y experiencia práctica, situación que se emplea para producir una deliberada transferencia de conocimientos entre pares. También se aplica con naturalidad un modelo de aprendizaje cooperativo organizado a partir un material de autoestudio y autoevaluación orientado a que los estudiantes que ingresan aprendan en grupos de dos, aplicando un modelo de inteligencia repartida.

Por lo general, las tareas iniciales de los becarios se circunscriben al ensayo de motores y tableros de maniobra y comando como prestación de servicios a empresas. Cuando adquieren suficiente experiencia, gradualmente suelen participar en la prestación de servicios más complejos, como el peritaje de fallas o el diseño de prototipos de motores eléctricos. Al mismo tiempo, frecuentemente se los invita a participar de proyectos de I+D que docentes-investigadores desarrollan en el ámbito del CIDEME, y también es habitual que los becarios mismos propongan concretar la Práctica Profesional Supervisada de su carrera con la implementación de proyectos dentro de la sala de ensayos.

En cada etapa, cada becario trabaja bajo supervisión, pero es al mismo tiempo responsable directo del cumplimiento de trabajos cotidianos concretos, para lo cual se ve en la necesidad de aplicar conocimientos de ingeniería que exceden los contenidos teóricos de su carrera. Para que sean capaces de aplicar tales conocimientos, habitualmente se generan

---

<sup>1</sup> Vincenti, 1993

<sup>2</sup> Vaca y Monge, 2007

<sup>3</sup> Vincenti, 1993, p. 200

<sup>4</sup> Vaca y Monge, 2007

<sup>5</sup> Vincenti, 1993, p. 200

<sup>6</sup> Vincenti, 1993, p. 200

instancias de capacitación previas específicas, y para la práctica cotidiana de los ensayos se cuenta con procedimientos documentados en función de los requisitos de cada norma aplicable; ocasionalmente, también se recurre directamente al texto original de cada norma. Así, la estructura interna de las normas cobra gran valor como medio donde están disponibles buena parte de los conocimientos que deben aplicar los becarios en sus tareas.

De esta manera, las actividades realizadas por un becario implican que en todo momento éste deba trabajar en función de normas que estipulan límites y cuantifican los parámetros de desempeño normales de las máquinas y equipos a ensayar. El becario se acostumbra a cotejar los resultados de los ensayos que realiza con las prescripciones dictadas por las normas. Prácticamente en todos los casos, se utiliza el manual de procedimientos del laboratorio con adaptaciones o simplificaciones de tales prescripciones, pero el concepto de aplicación de datos prescriptivos es el mismo, el de considerar, como dicen Vaca y Monge, que “cualquiera sea la fuente de problemas del diseño, construcción, operación y evaluación de un artefacto, su solución depende del conocimiento. Y buena parte de él se encuentra en las normas”<sup>7</sup>. En nuestro caso de interés, puede pensarse el análisis en función de la evaluación de artefactos, considerando como tales a todos los elementos sujetos a ensayo, ya sean motores eléctricos, electrodomésticos u otros.

Es importante destacar que los docentes-investigadores a cargo del CIDEME están involucrados en el dictado de cátedras relacionadas con las incumbencias del laboratorio, por ejemplo Máquinas Eléctricas. Sin embargo, debe quedar en claro que, además de interactuar con algunas cátedras y de ser ámbito de investigación, este laboratorio universitario tiene como objetivo principal la prestación de servicios a empresas ajenas a su institución, de modo que no está estructurado como otros laboratorios puramente académicos, que acotan su funcionamiento a la prestación de servicios a cátedras.

Para este trabajo, se procedió a una observación directa de las actividades de los becarios en función de los procedimientos escritos del laboratorio sobre cada una de las tareas desarrolladas. Además, se incorporaron como referencia algunas de las normas aplicables específicas a algunos de los conocimientos mencionados. También se utilizó como referencia uno de los libros sugeridos en una cátedra relacionada, particularmente una obra de carácter genérico que engloba la mayoría de los contenidos descriptivos más generales sobre los principios y la tecnología actual de las máquinas eléctricas.

Las observaciones conducentes a las conclusiones obtenidas se realizaron durante 2005 y 2006, pero la experiencia personal del autor como becario del grupo entre 1999 y 2001, y su colaboración como docente-investigador entre 2003 y 2009, resultan de suma importancia para establecer las relaciones aquí planteadas.

En cuanto a las normas utilizadas como referencia, existen normas IRAM<sup>8</sup> de alcance equivalente que podrían haberse utilizado para este análisis epistemológico con similares resultados. Se adoptaron sin embargo estas normas IEC por su vigencia más reciente.

### **3. Resultados y discusión**

#### **3-1. Categoría de conocimientos 1: Conceptos fundamentales de diseño**

Sobre tales conceptos fundamentales, Vincenti especifica que son aquéllos que “sólo pueden existir implícitamente en la mente del diseñador,... Son absorbidos... quizás incluso antes de entrar en el entrenamiento de la ingeniería formal. Ellos tuvieron que ser

---

<sup>7</sup> Vaca y Monge, 2007

<sup>8</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

aprendidos deliberadamente en algún momento por la comunidad de la ingeniería... y forman una parte esencial del conocimiento del diseño”<sup>9</sup>.

Los becarios estudian la descripción analítica del principio operacional de las máquinas eléctricas en las materias correspondientes de su carrera de grado, pero para conocer la configuración normal adoptada por la comunidad tecnológica en cuestión, es suficiente con que accedan, por ejemplo, a las diferentes secciones de la norma IEC 60034 mencionada como referencia.

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
Principio operacional	Estudio del campo magnético giratorio en el estator de un motor trifásico asincrónico	Al accionar un motor eléctrico con un variador electrónico de frecuencia, el becario se enfrenta con una manifestación tangible de la teoría del campo magnético giratorio, que es la base del funcionamiento de los motores eléctricos asincrónicos <sup>10</sup> .
Configuración normal	Manipulación de motores producidos por diferentes fabricantes	El becario se acostumbra a que las proporciones y la disposición general de los componentes en los motores eléctricos son muy similares aún cuando procedan de distintos fabricantes, lo cual le brinda evidencias de la adopción de una configuración normal por parte de la comunidad tecnológica compuesta por tales fabricantes <sup>11</sup> .

Tabla 1: Subcategorías de conocimientos de la categoría Conceptos fundamentales de diseño

### 3-2. Categoría de conocimientos 2: Criterios y especificaciones

Para Vincenti, los criterios y especificaciones resultan de “traducir las metas cualitativas para el dispositivo en metas específicas, cuantitativas, fundamentadas en las condiciones técnicas concretas”<sup>12</sup>.

En cuanto a criterios y especificaciones de carácter eléctrico y mecánico, el becario cuenta con contenidos específicos impartidos desde ciertas cátedras de su carrera, pero siempre debe mantener como referencia determinadas normas que, por ejemplo, le permitan interpretar las especificaciones declaradas por un fabricante. La cuestión dimensional es de gran importancia por su tangibilidad toda vez que se realicen trabajos sobre motores fabricados según normas IEC, de origen europeo, o según normas NEMA, de origen americano.

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
Criterios	Observación de los medios de ventilación de motores eléctricos	Al colaborar en el diseño de motores eléctricos y realizar el ensayo de los prototipos, el becario experimenta la importancia de adoptar un criterio para elegir el medio de ventilación de un motor eléctrico, debido al impacto de esta característica en la selección de los materiales utilizados y en la adopción de una cierta densidad de corriente para los bobinados <sup>13</sup> .

<sup>9</sup> Vincenti, 1993, p. 208

<sup>10</sup> Chapman, 2000, pp. 241-251

<sup>11</sup> IEC 60034-7:2001

<sup>12</sup> Vincenti, 1993, p. 211

<sup>13</sup> IEC 60034-6:1991

<p style="text-align: center;">Especificaciones</p>	<p style="text-align: center;">Observación de la relación entre sobretemperatura admisible de la aislación y sobretemperatura nominal del motor.</p>	<p>Con los datos de un motor eléctrico ensayado en el laboratorio, el becario descubre una relación entre la sobretemperatura admisible de la aislación y la sobretemperatura efectiva que alcanza el motor luego de su estabilización térmica en funcionamiento nominal. En la medida en que la segunda sea menor que la primera, el motor estará sobredimensionado, lo cual le demuestra que tal relación es una especificación importante para el diseñador del motor y para el diseñador de sus medios de maniobra y protección<sup>14</sup>.</p>
<p style="text-align: center;">Normas y medidas</p>	<p style="text-align: center;">Utilización de la información general para montaje</p>	<p>Toda vez que el becario acopla un motor al banco de ensayo, debe utilizar una altura diferente de montaje y adoptar un acople distinto, lo cual lo habitúa a las diferencias entre tipos constructivos y disposiciones para montaje que estipula la norma IEC 60034-7<sup>15</sup>.</p>

Tabla 2: Subcategorías de conocimientos de la categoría Criterios y especificaciones

### 3-3. Categoría 3: Herramientas teóricas

Según Vincenti, “los ingenieros usan una gama amplia de herramientas teóricas”, que “incluyen los conceptos intelectuales para pensar sobre el diseño, así como los métodos matemáticos y teorías para hacer los cálculos del diseño”. Tales herramientas “cubren un espectro que generalmente abarca todas las maneras de hacer las cosas consideradas parte de la ciencia hasta los ítems de carácter peculiarmente ingenieriles”<sup>16</sup>.

A pesar de que el becario obtiene la mayor parte de los conocimientos de esta categoría a partir de las materias básicas de su carrera, el manejo de ciertas normas demuestra al becario la manera en que se implementan, aprovechan o simplifican en la práctica muchas de estas herramientas que fuera de contexto resultarían demasiado abstractas.

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
<p style="text-align: center;">Herramientas matemáticas sin contenido físico</p>	<p style="text-align: center;">Aplicación de los fundamentos básicos del análisis de Fourier</p>	<p>Al analizar las armónicas de las vibraciones mecánicas de un motor eléctrico, el becario debe tener como referencia los conceptos matemáticos del análisis de Fourier para la interpretación de los gráficos obtenidos por el equipo de medición en el dominio de la frecuencia<sup>17</sup>.</p>
<p style="text-align: center;">Herramientas fisicomatemáticas</p>	<p style="text-align: center;">Cálculo del balance de potencia para la determinación de la eficiencia energética de motores eléctricos</p>	<p>Aunque resulta de relativamente baja complejidad por tratarse de sumas y restas de escalares, para la determinación de la eficiencia energética de un motor eléctrico, el becario debe comprender el equilibrio que existe entre las potencias puestas en juego durante el funcionamiento de un motor eléctrico, incluidas sus pérdidas<sup>18</sup>.</p>

<sup>14</sup> IEC 60034-1:2004

<sup>15</sup> IEC 60034-7:2001

<sup>16</sup> Vincenti, 1993, p. 213

<sup>17</sup> IEC 60034-14:2007

<sup>18</sup> IEC 60034-2-1:2007

Teorías limitadas a dispositivos específicos	Descripción de los principios básicos de funcionamiento de los motores de corriente continua	En el caso de que el becario ensaye un motor de corriente continua, reconfirma que las teorías que explican su funcionamiento son específicas para su principio operacional, aunque estén parcialmente compartidas con las máquinas de corriente alterna. Además, con su trabajo cotidiano ensayando motores industriales, descubre por sí sólo que la corriente continua ha dejado de aplicarse, con lo cual el cuerpo de teorías específicas sobre el funcionamiento de dichas máquinas de corriente continua ha perdido bastante interés práctico <sup>19</sup> .
Teorías fenomenológicas	Observación de los efectos producidos por la saturación magnética de los materiales	En la determinación de valores típicos de corrientes de vacío, el becario puede contemplar la teoría de los dominios magnéticos como explicación descriptiva del fenómeno de saturación de los materiales ferromagnéticos <sup>20</sup> .
Suposiciones cuantitativas	Medición de la corriente consumida por un motor asincrónico entre el estado de vacío y de plena carga	Al ensayar motores eléctricos cuyos valores nominales están por encima de las capacidades del laboratorio, se puede requerir que el becario realice estimaciones por interpolación o extrapolación dentro de este rango de funcionamiento, para lo cual puede adoptar la suposición de linealidad de la corriente en función del porcentaje de carga mecánica <sup>21</sup> .
Conceptos intelectuales	Determinación del índice de polarización (cociente entre las resistencias de aislación medidas a 10 minutos y a 1 minuto de la aplicación de la tensión de ensayo)	Al determinar este valor para la aislación de un motor eléctrico, el becario trata con un concepto que no es de medición directa, sino que requiere de una elaboración (aunque sea simple) para su obtención a partir de mediciones realizadas. Además, para discernir su utilidad en el mantenimiento predictivo, debe incorporar sólidamente este concepto desde la teoría que explica el funcionamiento de los aislantes como dieléctricos <sup>22</sup> .

Tabla 3: Subcategorías de conocimientos de la categoría Herramientas teóricas

### 3-4. Categoría 4: Datos cuantitativos

Como complemento a la categoría anterior, Vincenti sostiene que “el provecho de las herramientas matemáticas es pequeño sin los datos de las propiedades físicas u otras cantidades requeridas en las fórmulas. Tales datos, esenciales para el diseño, normalmente se obtienen empíricamente, aunque en algunos casos pueden calcularse teóricamente”<sup>23</sup>.

Las normas son fuente por excelencia de datos prescriptivos para el trabajo del becario, aunque no necesariamente implican siempre información objetiva cuantificable, sino que a veces pueden presentarse también en forma de apreciaciones sensoriales.

<sup>19</sup> Chapman, 2000, capítulos 8, “Fundamentos de máquinas de corriente directa”, y 9, “Motores y generadores DC”

<sup>20</sup> Chapman, 2000, capítulo 1, “Introducción a los principios de máquinas”

<sup>21</sup> Chapman, 2000, capítulo 7, “Motores de inducción”

<sup>22</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

<sup>23</sup> Vincenti, 1993, p. 216

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
Datos descriptivos	Uso de propiedades del cobre utilizado en los bobinados de motores eléctricos	Durante la elaboración de las conclusiones de un ensayo de calentamiento, el becario debe considerar constantes de la naturaleza tales como la constante del cobre de variación de resistencia en función de la temperatura <sup>24</sup> .
Datos prescriptivos	Análisis de las condiciones de seguridad de electrodomésticos	Cada vez que el becario participa de un ensayo para la determinación de condiciones de seguridad de un electrodoméstico, se habitúa a valorar conformidades y no conformidades para cada uno de los atributos de un equipo, que pueden evaluarse directamente de manera cuantitativa, o pueden traducirse a alguna escala cuantitativa para el caso de atributos cualitativos <sup>25</sup> .

Tabla 4: Subcategorías de conocimientos de la categoría Datos cuantitativos

### 3-5. Categoría 5: Consideraciones prácticas

Para Vincenti, los diseñadores necesitan “una serie de consideraciones definidas derivadas de la experiencia en la práctica, consideraciones que frecuentemente no se prestan a la teorización, a la tabulación, o a la programación en una computadora”, y que “son aprendidas en el lugar de trabajo, en la escuela o de los libros”<sup>26</sup>.

Aunque algunos de estos conocimientos puedan estar codificados dentro de normas específicas, o bien plasmados en el manual de procedimientos del laboratorio, el becario accede a conocimientos de esta categoría fundamentalmente a través de su interacción con los docentes-investigadores que lo supervisan, por lo cual es importante la idoneidad de éstos en el área de incumbencia de los trabajos desarrollados.

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
Consideraciones prácticas cuantificables	Estimación de la relación habitual entre la corriente de vacío y la corriente nominal en un motor asincrónico	Al iniciar un ensayo, el becario se habitúa a determinar esta relación, que no es de declaración obligatoria por el fabricante. Luego el becario verifica que dicho valor se encuentre dentro de un rango de valores habituales para el tipo y tamaño de máquina ensayada <sup>27</sup> . Sin embargo, este dato no es prescriptivo, sino que surgen de diversos parámetros adoptados en la configuración normal de la máquina, por lo cual se encuentran pocos valores estimativos publicados con plena certeza. Por lo general, para el acceso a estas consideraciones prácticas se cuenta con la comparación de mediciones históricas del laboratorio y la transmisión de experiencia práctica de los docentes-investigadores involucrados.

<sup>24</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

<sup>25</sup> IRAM 2092:1987

<sup>26</sup> Vincenti, 1993, p. 217

<sup>27</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

Consideraciones prácticas no cuantificables	Determinación y selección de material para aislaciones de motores eléctricos	Por lo general, al conocer la sobretensión de diseño adoptada por el fabricante de un motor eléctrico, el becario puede determinar con bastante certeza el material utilizado en sus aislaciones, lo cual está relacionado con el conocimiento práctico de las consideraciones tecnoeconómicas involucradas en la selección de un material de aislación al diseñar una máquina eléctrica <sup>28</sup> .
---	--	--

Tabla 5: Subcategorías de conocimientos de la categoría Consideraciones prácticas

### 3-6. Categoría 6: Instrumentalidades de diseño

Vincenti explica que, además de los elementos de todas las demás categorías, “los diseñadores deben saber llevar a cabo esas tareas” y que las instrumentalidades de diseño “deben ser parte de cualquier anatomía de conocimiento de la ingeniería”<sup>29</sup>.

A pesar de que los conocimientos de esta categoría son los más subjetivos en comparación con los demás, la lectura y el análisis de las normas técnicas ofrece al becario modelos de estructuración de su pensamiento para enfrentar determinadas situaciones profesionales.

Subcategoría	Ejemplo de actividad	Relación actividad/subcategoría de conocimiento
Procedimientos estructurados	Cumplimiento de procedimientos de seguridad previos a la energización de una máquina eléctrica	Cada vez que prepara equipos para realizar un ensayo, el becario debe aplicar un procedimiento de seguridad específico para el trabajo con equipos eléctricos. Aunque existan procedimientos normalizados para algunos trabajos con elementos eléctricos, el trabajo específico del becario lo pone en contacto con una aplicación concreta de un modelo de procedimiento de seguridad típico <sup>30</sup> .
Maneras de pensar	Valoración de los medios electrónicos de accionamiento de motores eléctricos	En el trabajo cotidiano con arrancadores suaves y variadores de frecuencia, el becario se habitúa a pensar en un motor eléctrico no como una máquina aislada, sino como un componente de un sistema electromecánico integral, donde el tablero y sus componentes de maniobra, comando, protección y automatización cuentan como partes constitutivas de peso para el cumplimiento de la función de dicho sistema <sup>31</sup> .
Habilidades de juicio pragmático	Redacción de informes técnicos	Al redactar informes técnicos sobre los ensayos realizados, el becario se enfrenta a la necesidad de adoptar ciertas estructuras lingüísticas y estilos de expresión habituales en la producción de este tipo de registros <sup>32</sup> . Incluso, el becario puede desarrollar más aún estas habilidades al participar en el diseño de ensayos nuevos para el laboratorio y de las planillas de ensayo relacionadas.

Tabla 6: Subcategorías de conocimientos de la categoría Instrumentalidades de diseño

<sup>28</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

<sup>29</sup> Vincenti, 1993, p. 219

<sup>30</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

<sup>31</sup> Manual de procedimientos de CIDEME

<sup>32</sup> Manual de procedimientos de CIDEME



### 3-7. Conclusiones

El análisis realizado permite concluir que, en el desarrollo de ensayos por parte de becarios en un laboratorio universitario de las características enumeradas, es factible encontrar ejemplos concretos de conocimientos de ingeniería de todas las categorías propuestas, los cuales deben ser aplicados, y por ende previamente incorporados, por dichos becarios. Los conocimientos que deben poner en juego los becarios en cada trabajo están explicitados en normas o en procedimientos redactados a partir de ellas, lo cual refuerza la idea de que las normas son una fuente invaluable de conocimientos de ingeniería, sobre todo teniendo en cuenta su estructuración homogénea y su origen a partir del consenso de la comunidad tecnológica relacionada con el ámbito de trabajo analizado.

En el laboratorio estudiado, cabe destacar la confluencia simultánea de numerosos factores que logran en su conjunto la sinergia suficiente para generar esta situación donde, en un ámbito de contención académica, un estudiante de ingeniería se enfrenta a situaciones prácticas reales que le permiten captar o reafirmar conceptos fundamentales de su carrera. Puede ensayarse la siguiente enumeración tentativa de los factores más importantes que favorecen tal situación: el apadrinamiento económico del centro de investigación por parte de una empresa privada con interés directo en los servicios prestados por dicho centro; la supervisión de los becarios por parte de docentes-investigadores pertenecientes al centro de investigación, relacionados con su área de trabajo e involucrados en áreas académicas compatibles; la utilización directa de datos prescriptivos provenientes de normas consensuadas por la comunidad tecnológica correspondiente; y la relación íntima que existe entre los trabajos de este laboratorio universitario y los contenidos académicos de ciertas cátedras de las carreras de ingeniería relacionadas.

En vista de estos resultados cualitativos alentadores, se reconoce la importancia de contar con ámbitos de trabajo e investigación de este tipo en el ámbito de carreras universitarias de ingeniería, donde los estudiantes avanzados puedan realizar trabajos reales, y no sólo de práctica académica, bajo la supervisión de docentes-investigadores. Podría esbozarse este mismo análisis cualitativo en diferentes instancias de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, aunque esto sería objeto de un trabajo mucho más extenso, que incluso podría llegar a abarcar el espectro completo de materias, cursos y demás actividades curriculares de una carrera de ingeniería. En tal caso, sería muy importante ensayar una cuantificación que permita hacer una planificación consciente de los tipos de conocimientos impartidos a los estudiantes, además de analizar los componentes pedagógicos, para no dar por sentado que la exposición de los estudiantes a tales conocimientos implique automáticamente su adquisición exitosa sin la instrumentación de herramientas didácticas *ad hoc*.

### Agradecimientos

- A los becarios del grupo CIDEME ([www.frsfco.utn.edu.ar/cideme](http://www.frsfco.utn.edu.ar/cideme)) de los años 2005 y 2006.
- Al Director del grupo CIDEME, Ing. Omar Gallo ([ogallo@frsfco.utn.edu.ar](mailto:ogallo@frsfco.utn.edu.ar)).
- Al Ing. Carlos Mariano Vaca ([cvaca@ing.unrc.edu.ar](mailto:cvaca@ing.unrc.edu.ar)), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).
- Al Mg. Ing. Raúl Dean ([rdean@ing.unrc.edu.ar](mailto:rdean@ing.unrc.edu.ar)), de la Facultad de Ingeniería de la UNRC.

## Referencias bibliográficas

- [1] WALTER G. VINCENTI; *What engineers know and how they know it*; John Hopkins, EE. UU., 1993; pp. 200-240.
- [2] JUAN B. MONGE, CARLOS M. VACA; “Algunas consideraciones acerca de las normas en el contexto del conocimiento”; *XXVII JORNADAS IRAM UNIVERSIDADES*; Santiago del Estero, 2007
- [3] STEPHEN J. CHAPMAN, *Máquinas eléctricas*, 3<sup>era</sup> edición, Santa Fe de Bogotá (Colombia), McGraw-Hill Interamericana SA, 2000 (traducción de STEPHEN J. CHAPMAN, *Electric Machinery Fundamentals*, 3<sup>rd</sup> Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1999)
- [4] Norma IEC 60034-1, Edition 11.0 (2004-04), Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
- [5] Norma IEC 60034-2-1, Edition 1.0 (2007-09), Rotating electrical machines - Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)
- [6] Norma IEC 60034-6, Edition 2.0 (1991-10), Rotating electrical machines - Part 6: Methods of cooling (IC Code)
- [7] Norma IEC 60034-7, Consolidated Edition 2.1 (incl. am1) (2001-02), Rotating electrical machines - Part 7: Classification of types of construction, mounting arrangements and terminal box position (IM Code)
- [8] IEC 60034-14, Consolidated Edition 3.1 (incl. am1) (2007-03), Rotating electrical machines - Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher - Measurement, evaluation and limits of vibration severity
- [9] Norma IRAM 2092: 1987, Seguridad de aparatos electrodomésticos y similares
- [10] Manual de procedimientos del Centro de Investigación, Desarrollo y Ensayo de Máquinas Eléctricas (CIDEME), Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) (material de uso interno, componente importante del Sistema de Calidad en vigencia)