

LA IMPORTANCIA DE CAPACITAR A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN MEDIR MAGNITUDES FÍSICAS CON EXACTITUD Y PRECISIÓN

Jorge Luis Herrera Fuentes

*Departamento de Física. Facultad de Geología - Mecánica.
Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río. Cuba*

RESUMEN

El proceso docente - educativo dirigido a la formación de ingenieros no siempre responde a la necesidad de hacerlos competentes para medir magnitudes físicas propias del desempeño profesional, debido a lo cual no queda preparado para cumplir algunas de las funciones propias del egresado de estas carreras. La formación de esta capacidad depende de la sistematización de un conjunto de habilidades asociadas al proceso de medición, que circula entre varias disciplinas o queda en el marco estrecho de una de ellas, lo que conlleva a una pérdida en los niveles de asimilación y profundidad de los contenidos, y al final resulta que el ingeniero no está capacitado para medir con la exactitud y precisión requerida. El trabajo pretende presentar este problema, argumentarlo y hacer una propuesta para su solución, basada en un enfoque transdisciplinar.

Palabras clave: *Magnitudes físicas, proceso de medición, exactitud, precisión, transdisciplinariedad.*

INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza – aprendizaje dirigido a formar en los ingenieros la habilidad de medir, comienza desde los primeros grados de la escuela. La relación con las magnitudes de mayor importancia para el individuo (longitud, tiempo, masa) y sus unidades de medida correspondientes, así como las conversiones mutuas de unidades homogéneas, son contenidos a formar en un egresado de la escuela elemental. En este propio nivel se introducen las reglas para el cálculo con los números aproximados, puesto que los valores de las mediciones, son precisamente cifras inexactas.

Estos contenidos se tratan en forma cíclica en la educación media, cada vez a un mayor nivel de profundidad, y circulan por diferentes disciplinas como un sistema único de influencias, cuyo propósito es, el de enseñar al sujeto a medir.

En la Educación Superior y, en particular, en las carreras relacionadas con las ciencias naturales, técnicas y exactas, este proceso continúa cada vez con un interés más acentuado, pues al parecer, para el egresado de estas carreras, la habilidad de medir es imprescindible en su formación, sobre todo en las de perfil de ingeniero.

Ahora bien: ¿qué concepción se maneja sobre qué es medir? ; ¿cómo medir de modo exacto y preciso? ; ¿qué importancia se le concede a esta habilidad? ; ¿cómo se pretende lograr su formación? ; ¿qué fallas hay en el proceso docente – educativo dirigido a este objetivo? ; ¿cómo enfocar el problema para su solución?; son algunas preguntas cuyas respuestas se pretende esbozar en este trabajo.

SÍNTESIS CONCEPTUAL SOBRE EL PROCESO DE MEDICIÓN

La medición, como proceso, es un conjunto de actos experimentales dirigidos a determinar una magnitud física de modo cuantitativo, empleando los medios técnicos apropiados y en el que existe al menos un acto de observación (Cartaya, 1982). La magnitud, desde el punto de vista filosófico, es la caracterización cuantitativa de las propiedades de los objetos y fenómenos de la realidad objetiva, así como de las relaciones entre ellos (Portuondo, 1988).

Las leyes de la naturaleza se expresan, generalmente, en forma matemática, como relaciones entre magnitudes. Estas relaciones son en esencia exactas, por ello se denominan ciencias exactas a las que expresan sus leyes a través de fórmulas, que no son más que ecuaciones exactas.

Una medición se expresa por medio de una cantidad numérica y la unidad de medida correspondiente a la magnitud dada. A cada magnitud le corresponden una o varias unidades. El desarrollo histórico de las ciencias manifiesta la tendencia a unificar los sistemas de unidades y a lograr la simplificación de sus conversiones. En la actualidad es casi universalmente aceptado el Sistema Internacional de Unidades, que a partir de siete magnitudes, denominadas fundamentales, deriva el conjunto conocido de unidades que expresan los valores de todas las magnitudes empleadas para caracterizar las propiedades de los objetos y fenómenos de la naturaleza. Esta derivación se hace a partir de relaciones que se establecen de modo arbitrario o que responden a leyes físicas.

En el proceso de medición puede determinarse el valor de la magnitud deseada, a partir de los valores de otras magnitudes medidas directamente, utilizando los cálculos indicados por ciertas relaciones matemáticas que responden a definiciones o a leyes de la naturaleza. De acuerdo con esto, se establece una clasificación de mediciones directas e indirectas, cuyo alcance es relativo, una magnitud que en un caso se mide indirectamente, en otro se puede medir de modo directo y viceversa, todo depende de los medios empleados.

Todo acto de medición es esencialmente inexacto y los valores obtenidos, son números aproximados. El valor verdadero de una medición (X_0) siempre será desconocido para el observador. El propósito de una medición es, el de obtener una aproximación al valor verdadero, que se denomina valor medido (X). Como resultado de la medición, sólo podrá expresarse un mejor valor (X^*) y la incertidumbre dentro de la cual es probable que se encuentre el valor verdadero: $X = X^* \pm \Delta X$

En la medida en que el error absoluto (ΔX) sea más pequeño, la medición será más *exacta* y en la medida en que el error relativo ($\delta X = \Delta X / X^*$) sea más pequeño, la

medición será más *precisa*. Al expresar el valor de una medición se hace necesario expresarla como un intervalo de confianza; sólo así se sabrá cuán exacta y precisa es la medición realizada.

La Física pretende ser una ciencia exacta. Sus leyes se expresan a través de relaciones matemáticas entre magnitudes. Las expresiones matemáticas son totalmente exactas, en ellas los cálculos conducen a valores que representan puntos en la recta de los números reales, exactos y sin error. Por otro lado, los valores de las magnitudes que se relacionan en estas ecuaciones, se obtienen mediante mediciones, es decir, que son números aproximados (inexactos en su esencia). ¿Cómo resolver esta aparente paradoja?

Hay que distinguir entre la exactitud de la Matemática y la exactitud de la Física. Esta última, es la posibilidad de calcular las cotas de errores, dentro de cuyos límites se cumplen sus leyes. Determinar la exactitud y precisión de las mediciones, permite evaluar la veracidad de una ley física y sus límites de cumplimiento. Esto es válido para otras ciencias, naturales y técnicas.

Al operar con valores aproximados en las ecuaciones que expresan leyes o definiciones, hay que cuidar que el resultado no tenga más exactitud, que la lograda en las mediciones. Para ello se emplean reglas para el trabajo con números aproximados, que se enseñan desde la escuela primaria, pero la falta de sistematización por otras asignaturas que deben ejercitarlas, hace que se olviden al momento de ingresar a la universidad.

ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE MEDIR CON EXACTITUD Y PRECISIÓN

La tendencia pragmatista de trabajar con tablas y cartas tecnológicas, para determinar parámetros de trabajo de máquinas, mecanismos, instrumentos, equipos, herramientas, etc; sin penetrar en la esencia de cómo se obtienen esos datos (los límites de tolerancia, sus indeterminaciones, etc.), hace que las habilidades necesarias al ingeniero para diseñar, explotar, explorar, hacer prospección, instalar, procesar información y demás habilidades profesionales que aparecen definidas en los modelos del egresado, unidas de modo indisoluble a la de realizar mediciones, queden pobremente formadas. Esta última deja de ser una necesidad para el estudiante, que pierde la motivación por su aprendizaje.

La formación del ingeniero estará incompleta, con este enfoque puramente tecnócrata de operario, atado a la consulta de cartas y tablas tecnológicas. Es necesario aprender la esencia conceptual del cómo se hacen, y capacitarlo para ello, si realmente se desea darle una dimensión investigativa a su formación como ingeniero.

El hábito de medir con exactitud y precisión, forma parte de la formación científica del individuo. Solo así se le da la verdadera importancia al proceso de medición. Si los valores obtenidos, no importa cuán lejos o cerca estén de los valores verdaderos, el sujeto no se responsabiliza con la trascendencia que puedan tener y no prestará atención ni cuidado a dicho proceso. Hacerlo de modo exacto y preciso, no provoca especial recarga a la labor práctica o experimental que, en cada disciplina del plan de

estudios, debe contribuir a esta capacitación. El problema está en que, cada disciplina, asignatura y docente, tengan clara la importancia de su contribución a la tarea, la preparación pedagógica del claustro es imprescindible en el logro de este objetivo.

La experiencia indica que mientras mayor es la preparación pedagógica del docente, mayor es su comprensión de lo complejo que resulta el proceso de enseñanza y aprendizaje y su labor cotidiana se transforma en un trabajo permanente de investigación. Por otro lado, es común observar, sobre todo en el nivel superior, *preconcepciones didácticas empíricas, uso del "sentido común", de lo que siempre se ha hecho* (Gil, 1990). Para la mayoría de los docentes sin preparación pedagógica, a la pregunta: *¿Qué es enseñar?*; la respuesta es: *fácil; conocer la materia y presentar los contenidos correctamente*. Y a la pregunta *¿por qué no aprenden?*. *Debido a causas externas a la tarea realizada en el aula; aprenden los mejores* (Gil, 1991). Estas posturas conllevan a una *inercia de las ideas de la comunidad universitaria* (Robinson, 1979; Arons, 1989; citados por Gil, 1991), y al florecimiento de *fuerzas poderosas que se resisten al cambio* (Schwartz, 1990; citado por Gil, 1991), sobre todo en los métodos, procedimientos y técnicas novedosas de enseñanza, surgidos en el constante y necesario perfeccionamiento del proceso pedagógico.

EJEMPLOS DE CÓMO SE REFLEJA LA IMPORTANCIA DE MEDIR EN LOS CURRÍCULOS

De lo hasta aquí expresado, no debe inferirse que en los planes de estudio para la formación de ingenieros, no se le preste atención al proceso de enseñanza dirigido a capacitarlos en la ejecución de procesos de medición. Los ejemplos siguientes, correspondientes a algunas carreras de ingeniería que se estudian en las universidades cubanas, lo ilustran (*Las notas entre paréntesis son del autor*).

Ingeniería geológica (MES, 1998b)

Dentro de las funciones del egresado aparecen:

- ◆ Aplicar métodos de prospección y exploración geológica (¿No juegan las mediciones en estos métodos un importante papel?)
- ◆ Procesar e interpretar los resultados (¿de las mediciones?) de diferentes ensayos (¿experimentos?), análisis de campo y de laboratorio.
- ◆ Aplicar métodos matemáticos, incluyendo software, en la solución de problemas geológicos (¿no incluye el procesamiento estadístico de las datas?)
- ◆ Procesar materiales geológicos (¿los datos obtenidos por mediciones?).
- ◆ Evaluación de impacto ambiental, económica, de recursos minerales, tecnológica, de la materia prima mineral. (¿no se evalúa a través del análisis de las mediciones?; ¿no es aquí evaluar, un resultado de medir?).

Dentro de los objetivos generales a lograr se incluyen:

- ◆ Ejecutar investigaciones geológicas.

- ◆ Procesar información (datos, mediciones) obtenidos en el campo y el laboratorio, aplicando las técnicas más modernas de procesamiento de datos.
- ◆ Manipular equipos (de medición) geológicos y geofísicos a partir de los conocimientos de los principios básicos de medición.

Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica (MES, 1998a)

Los modos de actuación incluyen: instalación, explotación (operación y mantenimiento) y diseño de sistemas de telecomunicaciones por radio por líneas metálicas y ópticas, telemáticos y electrónicos.

Dentro de los objetivos generales se declara:

- ◆ Mantener la competencia profesional mediante la capacidad de superación, investigación, innovación y desarrollo. (¿Investigar e innovar en su esfera de actuación no presupone la capacidad de medir?)
- ◆ Desarrollar circuitos electrónicos analógicos y digitales. (Incluye su diseño, montaje de prototipo, pruebas de fiabilidad, es decir mediciones cuidadosas).
- ◆ Instalar y explotar sistemas de telecomunicaciones, telemáticos y electrónicos.

Ingeniería Mecánica (MES, 1998c)

Funciones del egresado:

- ◆ Proyección (incluye diseño y selección)
- ◆ Construcción (incluye diseño)
- ◆ Mantenimiento (incluye diagnóstico)

De: elementos de máquinas, equipos de transferencia de calor, redes térmicas, motores térmicos, de combustión y eléctricos, transportadores, etc.

En la esfera de actuación se declara que en la Ingeniería Mecánica se investiga, proyecta, mantiene y controla el funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones industriales.....

Tareas que se ejecutan en los campos de acción, relacionadas con el tema tratado:

- ◆ El empleo de los métodos gráficos como técnica de ingeniería (fundamental en el proceso de medición)
- ◆ El empleo de las técnicas de cómputo (incluye el procesamiento de datos).
- ◆ El empleo de métodos y técnicas experimentales y de investigación científica (en los cuales se incluye la medición de magnitudes)

Los ejemplos, referidos a algunas ingenierías en el campo de las ciencias técnicas, evidencian la importancia que se le da a la capacitación para ejecutar el proceso de medición, incluyendo el procesamiento analítico y gráfico. Los modelos de egresados de las diferentes carreras, declaran la necesidad de qué hacer, inclusive de cómo hacerlo, el problema está en evaluar la efectividad del método.

¿CÓMO SE PRETENDE ENSEÑAR A MEDIR? ¿DÓNDE QUEDA LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DE LAS MEDICIONES?

Está claro que para que una habilidad tan general como medir magnitudes físicas, se transforme en una capacidad en el estudiante, debe sistematizarse un sinnúmero de acciones y habilidades más específicas, a unos niveles de profundidad y asimilación de esos contenidos, cada vez más crecientes en orden de complejidad. No basta que una asignatura o disciplina pretenda resolver el problema, si éste no forma parte de los objetivos de otras. Debe existir un modelo de integración disciplinar, en la formación de ese contenido.

Históricamente, los planes de estudio han dado un enfoque multidisciplinar, al problema de la integración disciplinar, es decir que para resolver el problema cada disciplina hace aportaciones sin perder por ello su individualidad o parcela de competencia (López, 1995). Un conjunto de disciplinas debe contribuir al problema de enseñar a medir y, de hecho, lo hacen. Algunos ejemplos, comunes a varias carreras:

En Matemática, la Geometría Analítica aporta los contenidos de sistemas de coordenadas, y de representación de rectas y cónicas. El Cálculo Diferencial e Integral, aporta los contenidos de interpolación numérica, fórmulas de derivación, cálculo de integrales, métodos numéricos para determinar raíces de una ecuación, representación gráfica de curvas, problemas de extremos de funciones, y sistemas de coordenadas (cartesianas, polares, cilíndricas, esféricas). En las Ecuaciones Diferenciales, se resuelven ecuaciones que describen fenómenos físicos y los modos de describirlos en forma matemática (por ejemplo, la desintegración radiactiva). En la Estadística, se estudian las distribuciones, incluyendo la normal, los ajustes por mínimos cuadrados; o sea, los elementos de la Teoría de Errores, básicos para el procesamiento de los datos experimentales.

La Física, la Química y otras disciplinas, básicas específicas y del ejercicio de la profesión, declaran en sus programas el propósito de la formación de habilidades relacionadas con la manipulación de medios técnicos y de laboratorios, incluyendo instrumentos de medición, evaluación y determinación de parámetros de propiedades físicas de objetos materiales, la confección y uso de tablas, hacer cálculos, procesar datos de mediciones obtenidos por vía experimental en laboratorios, polígonos docentes u otros campos de acción propios del futuro ingeniero.

En todos los casos se sigue un enfoque multidisciplinar que presupone la integración de:

- Las disciplinas que proveen al estudiante de los contenidos teóricos relacionados con el procesamiento matemático (analítico y gráfico) de datos tomados en los experimentos (mediciones).
- Los conocimientos precedentes que tienen los estudiantes al comenzar en la universidad, relacionados con el manejo de números aproximados (las reglas de aproximación y redondeo, la representación y operaciones con números aproximados, cuyo empleo no trasciende a otras disciplinas fuera de la Matemática).

- Las disciplinas que hacen un uso habitual de estos contenidos (en particular, la Física juega el papel principal).
- Las disciplinas que deben contribuir a sistematizar estas habilidades, incorporando estos objetivos como propios.

La realidad actual es que, la generalidad de los estudiantes de estas carreras, no está capacitada para hacer mediciones, que puedan presentarlas como un intervalo de confianza. El proceso de medición ha quedado relegado a las determinaciones puntuales de los valores, para lo cual, en muchos casos, existe el convencimiento de que sólo se necesita medir una vez.

Las consecuencias de estas insuficiencias pueden resumirse en:

- No hay una real formación científica en un sujeto del área de las ciencias técnicas y/o experimentales, si no está capacitado para medir con exactitud y precisión, pues ello precisamente le confiere carácter científico al proceso. La pretendida formación como investigador queda incompleta.
- No se cumplen las intenciones relacionadas con los procesos de investigación científico – técnica, que aparecen en los planes de estudio, dirigidos a capacitar a los egresados en funciones de diseño, evaluación, diagnóstico, instalación, dirección de procesos, etc.
- Hay un atiborramiento de contenidos que, al final, resultan inútiles, al no cumplirse todos los objetivos para los que aparecen en los currículos (baja eficacia del proceso).
- Ocurre una innecesaria pérdida de tiempo y de recursos, en el tratamiento de contenidos que, al final, resultan intrascendentes (baja eficiencia del proceso).

¿DÓNDE FALLA EL PROCESO DOCENTE – EDUCATIVO, DISEÑADO PARA CAPACITAR AL EGRESADO, PARA HACER MEDICIONES EXACTAS Y PRECISAS?

El enfoque multidisciplinar tiende a que varias disciplinas contribuyan a formar la capacidad de medir bien un conjunto de magnitudes, pero que pocas o ninguna de ellas controle, de modo eficaz, si tal conocimiento o habilidad relacionados con esta capacidad, se formó de modo eficiente. Veamos algunos ejemplos:

- Los problemas de precedencia de los contenidos, debido a insuficiencias del diseño del currículum, agudizan la ineficacia en el logro del objetivo. Por ejemplo: la Estadística, trata los contenidos que sirven de base a la Teoría de Errores para el procesamiento de las mediciones, después de que los estudiantes cursen la Física y la Química, donde es necesario hacer uso de estos contenidos y, además, estas disciplinas los presuponen conocidos.
- En la resolución de problemas teóricos y prácticos, en las asignaturas que garantizan la formación básica del ingeniero, e inclusive en las disciplinas básicas específicas, no se exige exactitud y precisión en los cálculos numéricos, donde se deben aplicar reglas sencillas que se conocen desde la enseñanza elemental.

- Las clases prácticas se realizan sobre problemas abstractos (procesamiento de unos datos, representación gráfica de datos, etc.) en los que no se emplean valores reales de las mediciones, y no sobre problemas, al menos modelados, del tipo que deberá enfrentar el egresado. Con esto cada disciplina sólo responde a la lógica de su ciencia y no se dirigen a un fin común, son disciplinas para sí y no disciplinas en sí.

¿CÓMO LOGRAR UN PROCESO DOCENTE – EDUCATIVO EFICAZ, EN EL EMPEÑO DE FORMAR LA CAPACIDAD DE MEDIR CON EXACTITUD Y PRECISIÓN?

Dentro de los diversos enfoques que se siguen en la actualidad para lograr una integración disciplinar, el transdisciplinar, es una propuesta tentadora para lograr el objetivo de formar la habilidad de medición en los ingenieros, de modo eficaz. Este enfoque de integración disciplinar, presupone la existencia de significados profundos, compartidos por un conjunto de disciplinas, que pueden circular de unas a otras, conformando un sistema omnicomprensivo (López, 1995).

El conjunto de habilidades relacionadas con la capacidad de medición, los hábitos que necesariamente lo acompañan, y los conocimientos para el fundamento teórico de esas habilidades, deben formar un sistema de contenidos, de profundo significado para cada disciplina integrada a la tarea, y debe quedar como un objetivo a lograr y controlar en cada asignatura que aporta su ladrillo a la obra; de lo contrario, ésta quedará incompleta o con fallas en la solidez de su estructura, y el egresado tendrá lagunas en su formación.

La primera tarea será la de resolver las dificultades en el diseño curricular, de modo que los problemas de precedencia se eliminen o atenúen.

Por ejemplo, en la disciplina Matemática, la Geometría Analítica, al estudiar la representación de funciones lineales, exponenciales y potenciales (cónicas), no debe trabajar en el abstracto de la lógica de la ciencia solamente. En las clases de formación de habilidades de esta asignatura, debe insistirse en la representación gráfica, desde el diseño de las escalas en los diferentes sistemas de coordenadas, hasta el empleo de datos que permitan la interpolación de expresiones que reflejen a leyes naturales reales, que por cierto, en su mayoría son lineales (o linealizables), exponenciales y potenciales. El control del cumplimiento de los objetivos debe llegar a la representación gráfica de una ley natural, con datos tomados de la realidad. Con ello no se rompe la lógica de la ciencia matemática. El paso de lo abstracto a lo concreto y viceversa presupone una real unidad dialéctica (Álvarez de Zayas, 1992).

El Cálculo Diferencial e Integral, en el tratamiento de la representación gráfica de funciones de una variable y en el estudio de los sistemas de coordenadas (cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas), debe trabajar con funciones que representen procesos naturales reales y hacer la representación en gráficos también reales (usar papel milimetrado, polar, logarítmico, etc.), con datos reales; que esto constituya una habilidad a controlar en esta asignatura y no lo sea exclusivamente de la Física.

En Computación, al trabajar los programas utilitarios ligados al sistema Windows, deben formarse habilidades para manejar una base de datos experimentales, tabularlos y representarlos en forma gráfica. Una integración disciplinar se lograría con certeza, si se utilizaran bases de datos de mediciones tomadas del laboratorio, el campo, el taller, etc.; que respondan a experimentos y procesos tecnológicos o naturales.

La Estadística, debe incluir los elementos teóricos propios del procesamiento de datos experimentales. Si hay problemas de precedencia que no se puedan salvar, estos elementos teóricos deben introducirse como contenido de estudio de la asignatura que primero lo necesite, sea la Física, la Química o cualquier otra, al menos en un nivel de empleo práctico y después, retomarse en toda su profundidad teórica, pero siempre reforzando habilidades para el manejo de datos tomados de experimentos reales.

En las clases prácticas de solución de problemas teóricos y experimentales, de las diferentes disciplinas que así lo requieran, debe aparecer como objetivo clave, la ejecución de cálculos numéricos, utilizando las reglas para el trabajo con números aproximados. Esto debe constituir una exigencia permanente en todas las asignaturas que relacionen estos contenidos. Igual exigencia debe tenerse, en la ejecución de los trabajos y proyectos de curso y de diploma, en los que el ingeniero en formación intermedia o terminal demuestre que está capacitado para medir con precisión y exactitud.

Las disciplinas básicas específicas y del ejercicio de la profesión no pueden estar ajenas al problema, éste debe constituir *un significado profundo compartido* (López, 1995), por todas las disciplinas ligadas al mismo. Cada asignatura debe tener una estrategia clara de su contribución al objetivo de enseñar a medir bien. Las involucradas con el proceso de medición, aportarán la parte que les corresponde, sin restarle importancia, ya sea a algo tan simple como cuidar las reglas de aproximación y de redondeo en un problema numérico. No restarle importancia a los métodos gráficos, tanto en la construcción, como en la interpretación. Exigir tabulaciones cuidadosas de los datos de las magnitudes medidas. Precisar el número de cifras exactas necesarias, en los números irracionales que aparecen en muchas expresiones ($\pi, \sqrt{2}, \sqrt{3}$, etc.), al brindar los datos en los problemas. Cuidar que el número de cifras significativas, del dato de una medición, precise la exactitud del instrumento con que se midió. Al brindar los valores de las llamadas constantes universales (velocidad de la luz en el vacío, constante de gravitación universal, aceleración de la gravedad, constantes de Boltzman, de Planck, de los gases, etc.), agregarle el intervalo de confianza con que han sido determinadas, en las mediciones más recientes de las mismas.

El enfoque transdisciplinar significa que, el objetivo de capacitar al futuro ingeniero para hacer mediciones exactas y precisas, conlleva a la formación de un conjunto de habilidades que se forman, sistematizan y consolidan en diferentes disciplinas, que las deben tener como objetivos claves a ser evaluados de modo preciso, aún cuando puedan parecer alejados de la lógica de las mismas.

CONCLUSIONES

En apretada síntesis se ha intentado sacar a la luz un problema presente en la formación de los profesionales del área de las ciencias técnicas y exactas, que les resta competencia para el desempeño de sus funciones profesionales. La solución del mismo no está en una asignatura o disciplina específica, sino en la contribución de todas las partes que inciden en la formación del profesional, es decir darle un enfoque transdisciplinar a la formación de esta competencia.

La solución del problema presentado, es una tarea ardua, que debe comenzar con una revisión del curriculum de cada carrera, que no provoque otras incongruencias. Precisar de indicaciones metodológicas para cada disciplina y asignatura, que den claridad sobre el modo de tratar el problema en cada una. Necesitará del diseño de una capacitación a los docentes, en los aspectos teóricos y prácticos del proceso de medición y, por último, requerirá de un control de la eficacia del proceso docente - educativo, dirigido a cumplimentar el objetivo planteado en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez de Zayas, C. (1992). *La escuela en la Vida*. La Habana: F. Varela.
- Cartaya Saiz, Oscar (1982). *Introducción al Laboratorio de Física, Fundamentos de la Teoría de Errores*. La Habana: ISPJAE.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las ciencias* 9(1), pp. 69-77.
- Gil, D.; Beléndez, A. (1990). La formación del profesorado universitario de materias científicas. *II Jornadas de Didáctica Universitaria*. Alicante, España.
- López Rupérez, F. (1995). Una nueva fuente de inspiración para la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias* 13 (2), pp. 249-256.
- Ministerio de Educación Superior (MES) Cuba (1998a). *Plan de estudios de la carrera en ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica*, La Habana: ENPSES.
- Ministerio de Educación Superior (MES) Cuba (1998b). *Plan de estudios de la carrera en ingeniería en Geología*, Moa: ISMMM.
- Ministerio de Educación Superior (MES) Cuba (1998c). *Plan de estudios de la carrera en ingeniería mecánica*, La Habana: ENPSES.
- Portuondo Duany, Raúl (1988). *Procesamiento de Datos Experimentales*, La Habana: ENPSES.