

Objeto de estudio de la ingeniería física

José Luis Castaño Bernal ^a María Elena Bernal Vera ^b Elmer Castaño Ramírez ^c

^a Facultad de Ingeniería de Universidad del Valle, Cali, Colombia.

^{b,c} Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

jose.luis.castano@correounivalle.edu.co, marielberve@hotmail.com, elmercr@ucaldas.edu.co

Resumen— Con el propósito de descifrar el “objeto de estudio” de la ingeniería física se realizó la investigación presentada en este artículo con metodología de revisión analítica-bibliográfica con tres partes: un recorrido histórico por los elementos que constituyen la profesión, su ontología desde la ingeniería y diferencias y similitudes entre ingeniería, ciencia y técnica. Se da respuesta como resultados de la evolución histórica y filosófica de la ingeniería, a esencias de la ingeniería física como profesión de origen omniabarcante en la rama de las ingenierías y todo ello concurre en una propuesta de “objeto de estudio” para esta ingeniería con sugerencias de elementos curriculares a ser considerados dentro de sus planes de estudio.

Palabras Clave— ontología de ingeniería física, objeto de estudio de ingeniería física.

Recibido: 29 de abril de 2022. Revisado: 25 de julio de 2022. Aceptado: 28 de julio de 2022.

Object of study of the physical engineering

Abstract— With the objective of make clear the "object of study" of Physical Engineering, this Research was carried out with an analytical-bibliographic review methodology with three parts, a historical journey through the elements that constitute the profession, its ontology from engineering and differences and similarities between engineering, science and technique. As a result of historical and philosophical evolution of engineering, we obtain the essence of Physical Engineering as a profession with origin like the branch of engineering and all this concurs in a proposal of "object of study" for this engineering. Finally we leave suggestions of curricular elements to be considered inside their study plans.

Keywords— physical engineering ontology, physical engineering object of study.

1 Introducción

El inicio de la ingeniería física como profesión en Colombia es reciente y en el mundo corresponde a una especialidad de la ingeniería. El vocablo ingeniería deviene del latín *ingenium* que significa producir, engendrar. Una definición de ingeniería es el estudio y la aplicación de técnicas y modelos para la solución de los variados problemas de las múltiples especialidades en que se subdividen las profesiones ingenieriles; siempre supone la concreción de ideas en la realidad para la satisfacción de necesidades humanas.

Con el propósito de delimitar el objeto de estudio de la ingeniería física, se elaboró este documento en el que, mediados por una metodología de análisis documental, se explora a través de: -recuentos sucintos de la historia de la ingeniería y de la física; -un recorrido corto por la evolución de la técnica; -las semejanzas entre técnica e ingeniería y -el deslinde entre

ingeniería y ciencias; llega a un objeto genérico a ser estudiado por esta disciplina profesional.

2 Análisis documental

Este apartado se sintetiza en sus categorías y ejemplos del libro de Mumford [1].

2.1 Historia sintética de la ingeniería

La ingeniería tiene antecedentes relevantes en el mundo entero a lo largo de la historia humana. Como ejemplo en China desde antes de la era cristiana hubo desarrollos hidráulicos, múltiples construcciones, pirámides; obras civiles magnas en Egipto. En Grecia se dio el inicio de la mirada teórica; son notorios los precedentes medievales con construcción de castillos, palacios, catedrales; se dieron historias preliminares de electricidad, magnetismo mecánica y un desarrollo acelerado del conocimiento desde el nacimiento de las ciencias.

Los primeros pasos en la evolución de la ingeniería se produjeron a partir de la construcción de herramientas y máquinas, bienes útiles para el hacer humano primario como la caza y después la agricultura. Las herramientas permitieron acciones complicadas, que son equivalentes en su función al fortalecimiento de la mano y alargamiento perfeccionado del ojo humano; mientras que, las máquinas efectivas, como el martinete, apoyaron trabajos sencillos, mediados por un mecanismo simple. Máquinas, bajo la forma de la perforadora de fuego o del torno del alfarero, han existido desde los tiempos neolíticos. Durante el periodo antiguo, algunas de las adaptaciones efectivas del ambiente devinieron del invento de utensilios (canastos y marmitas), aparatos (cubas para teñir y hornos de ladrillos) y obras (acueductos, carreteras y edificios). Curtiembres, fermentación industrial de cerveza, destiladores, tinturas para teñir fueron centrales en el desarrollo de la técnica.

La diferencia entre las herramientas y las máquinas dependió del automatismo. Entre la herramienta y la máquina se situaron las máquinas-herramienta. En la era moderna surgen las obras movilizadoras de energía, como el tren y la electricidad. Las herramientas y las máquinas contribuyeron a la transformación del ambiente con cambios de forma de objetos; los utensilios y los aparatos aportaron transformaciones químicas [1].

Desde Mumford [1] la máquina invadió en tres embates sucesivos. El primero en el siglo X, acumuló fuerza y dio orden y potencia con medios puramente externos. El segundo se moldeó en el siglo XVIII con inventos en minería y trabajos con hierro. En el siglo XX con el tercero se forjaron nuevas formas de energía. El autómatas es el último escalón. Se cambiaron adaptaciones fisiológicas a cambio de ajustes ambientales.

El desarrollo de las máquinas es el hecho técnico-ingenieril presente de los últimos mil años que mantuvieron en su estado de uso original hasta la mitad del siglo XIX. Desde allí con las formas de acumulación capitalista y los modelos de enriquecimiento colonialistas se abren estrategias masivas de aprovechamiento de la tecno-ciencia, donde con la perfección de la moderna máquina de energía redujeron los procesos de la vida a un prototipo de orden con regularidad medible [1].

2.2 Historia de la física

La *fisis* designaba desde la antigua Grecia el conocimiento de la naturaleza y el conocimiento general de los seres vivos (principalmente la medicina) y solo a partir del siglo XVIII, después de casi dos siglos del nacimiento de la ciencia de la que se considera la ciencia madre y gracias a sus éxitos para las sociedades de su momento, empezó a designar la rama que se conoce hoy como ciencia que estudia la energía y la materia en cambios de estado y movimiento en el espacio tiempo, con dos grandes componentes: física clásica (magnetismo, electricidad, óptica, acústica, termología, dinámica mecánica, hidráulica) y física moderna (cuántica, electromagnética, relatividad).

2.2 Evolución de la técnica

Apartado adaptado de Dettmer [2]. El concepto de técnica, tal y como se entiende actualmente, no existió en el mundo clásico y no es correcto traducir *techné* por técnica. Hoy se entiende por técnica una información aplicada, donde prima la eficacia, soportada en procesos experimentales, opera sobre objetos materiales, orientada hacia esquemas mecánicos para transformar conscientemente la naturaleza, situándose en una línea de progreso y renovación.

No fueron invenciones griegas la ciencia ni la aparición de las técnicas. Hubo desarrollos importantes de todos estos saberes en las sociedades orientales. En Egipto y en Babilonia se desarrollaron grandes avances en el terreno de las matemáticas, la astronomía, la geometría e incluso la biología. No obstante se habla del milagro griego cuando se hace referencia a la ciencia y la *techné*. Se asumen como parte de la evolución del pensamiento occidental, sugeridos por Aristóteles, donde el conocimiento desde los sentidos se convierte en experiencia (*empeiria*) de allí deviene la *techné* (en latín *ars*) que es un conocimiento racional de secuencias que se convierte en fórmulas y modelos para ser aplicado a realidades. Le sigue la *phronesis* que para Aristóteles es la sabiduría práctica, prudencia y algunos lo asumen como la producción. Todos son antecedentes de la episteme (*cientia* en latín), que nace cuando se dispone de muchas observaciones experimentales y surge como una noción universal sobre casos semejantes, que se corresponde con explicaciones teóricas de los fenómenos y

del mundo, proveyendo las causas y anticipando hechos. Con la episteme se conoce la forma y la materia. Así, aparece la diferencia entre carpintero que construye y el ingeniero que concibe y sabe cómo hay que construir. Es el momento donde el ingeniero no solo debe explicar las existencias de los nuevos instrumentos mecánicos: debe explicar igualmente la cultura que está dispuesta a utilizarlos y aprovecharse de ellos de manera extensa.

Es importante igualmente definir el “fenómeno” como la Cosa inmaterial, hecho o suceso que se manifiesta y puede percibirse a través de los sentidos o del intelecto. De acuerdo con Kant, los fenómenos constituyen el mundo tal como lo percibimos, en oposición al mundo tal como existe independientemente de nuestra experiencia, a lo que Kant llama «la cosa en sí misma». Según Kant, el ser humano no puede conocer las cosas-en-sí-mismas, sino solamente las cosas tal como las percibe o experimenta, pero no tiene que ser interpretado como un fenómeno susceptible de ser siempre instrumentalizado [3]. Para la ingeniería física es necesario diferenciar entre el fenómeno con su explicación teórica (que sería el papel de las ciencias como la física), y su transformación instrumental mediada por técnica (y por ende por la ingeniería).

2.4 Ingeniería y técnica

En este punto se debe mostrar la unión entre la ingeniería como expresión de la técnica para dar solución a problemas sociales mediados por una instrumentación de la tecnología (en tres sentidos expuestos por Mitcham [4]: como artefactos, la tecnología como una forma de conocimiento y la tecnología como una forma de acción), para beneficio de la sociedad donde se asienta. A partir del nacimiento de las ciencias se vale de sus principios teóricos para explicar el origen de sus concreciones.

Sintetizando a Faulkner [5] se marca que existen “tres áreas estrechamente relacionadas en las cuales la tecnología se distingue de la ciencia: 1) en su propósito u orientación; 2) en su organización sociotécnica, y 3) en sus características cognoscitivas y epistemológicas”.

Respecto a la primera de estas áreas, señala que mientras la ciencia se aproxima a la comprensión de la naturaleza mediante la producción de conocimiento, la tecnología pretende el control de la naturaleza a través de los artefactos. Como Vincenti [6] destaca al comparar la estructura del conocimiento científico con la del conocimiento tecnológico: “(...) la diferencia esencial es entre entendimiento intelectual y utilidad práctica”.

En relación con la segunda área, la orientación práctica (“artifactual”) de la tecnología implica que su forma de organización asume una estructura mucho más jerárquica y heterogénea que la de ciencia, porque se basa en la descomposición del diseño tecnológico en varios problemas y subproblemas de distinto nivel, cuya solución requiere del conocimiento, la interacción y la coordinación entre diversos grupos interdisciplinarios.

Por lo que se refiere a sus características cognoscitivas y epistemológicas (tercera área), la ciencia y tecnología se

diferencian por la forma de relacionarse con la naturaleza y el contenido específico de sus actividades

Hasta finales del siglo XVIII, la Ingeniería fue más un oficio que una profesión; consistía sobre todo en un conjunto de destrezas manuales y habilidades mecánicas transmitidas de padres a hijos y de maestros a aprendices. Sin embargo, a medida que la Ingeniería se fue convirtiendo en una ocupación permanente, aparecieron escuelas (no vinculadas a las universidades), se fundaron asociaciones gremiales locales y nacionales y con el tiempo se fueron introduciendo estudios de Ingeniería en algunas universidades.

La unión de la ciencia con la tecnología, que se produjo en Europa y los Estados Unidos a finales del siglo XIX y principios del XX, no sólo aumentó el valor de las técnicas a disposición de los ingenieros, sino que elevó sus aspiraciones y demandas educativas como un medio para alcanzar el estatus y el prestigio social similar al de otras profesiones como la medicina y la abogacía.

Aunque efectivamente -mediante su incorporación a las universidades y la adopción de los principios básicos provenientes de la física, la química y las matemáticas-, los ingenieros han conseguido elevar el estatus técnico y científico de su disciplina, desde un punto de vista social y ocupacional, a pesar de ello continúan experimentando una fuerte dualidad: por un lado, dominan las técnicas versátiles del empresario y del administrador y, por el otro, disponen de los conocimientos del trabajador hábil [7]. Dependiendo del país y de su tradición cultural, se pueden distinguir diferentes concepciones de lo que es un ingeniero y de los diversos papeles que desempeña en la sociedad.

2.5 Deslinde entre la ingeniería y la ciencia

(Síntesis adaptada de Dettmer [2]). Si bien la incorporación de principios básicos provenientes de la física, la química y las matemáticas, han elevado el nivel científico y el potencial técnico de la ingeniería, también han conducido a concepciones erróneas acerca de su objeto y de sus fines. Más aún, el hecho de que hoy existan científicos que diseñen e ingenieros que investiguen para encontrar mejores soluciones técnicas, ha conducido a una suerte de extrapolación del concepto de ciencia a la ingeniería, atribuyéndole a la primera muchos logros de la segunda. No obstante, como ya se mencionó, la ingeniería proviene de una tradición distinta a la de la ciencia; opera bajo formas de organización, reglas de conducta y objetivos diferentes. Por lo tanto, aunque la ingeniería se encuentra ligada a la ciencia, entre una y otra subsisten marcadas diferencias.

La primera diferencia entre ciencia e ingeniería, es que en ésta última el diseño ocupa un lugar central. Aunque algunos autores sostienen que el énfasis retórico sobre el diseño por parte de los ingenieros es principalmente un intento para ganar estatus, es decir, que los ingenieros se han aferrado al diseño como una forma de asemejar su actividad a la de los científicos para demostrar que ellos también son creativos, los expertos concuerdan en que el diseño constituye la actividad fundamental para el desarrollo de la tecnología.

Layton [8] señala la distinción de ingeniería de las ciencias básicas por la vía de su “propósito”, al contribuir con el diseño

de dispositivos o sistemas artificiales. Las ciencias aplicadas a la ingeniería son instrumentos para la “síntesis” [diseño], mientras que la ciencia está ocupada con el “análisis”. Objetos sintéticos o artificiales son el objetivo central de la actividad de la ingeniería.

La tercera disimilitud se relaciona con el hecho de que la solución de problemas en ingeniería es una actividad más heterogénea y jerárquica que la ciencia. La ciencia es “más homogénea en términos de disciplinariedad, pericia y agrupamiento social; en la ciencia son menos heterogéneos de lo que son las innovaciones en tecnología” [5].

Una cuarta divergencia entre ciencia e ingeniería, estriba en la distinción propuesta por Savioti [9] entre conocimiento local y conocimiento tácito. En este sentido, aunque el conocimiento tácito es igualmente importante en la ciencia y la ingeniería, las consecuencias económicas y sociales negativas de la experimentación fallida son más desastrosas en la ingeniería, porque el fracaso de un experimento no se reduce sólo a un debate sobre el conocimiento o las condiciones de su verificación, sino que pueden incidir directamente en el deterioro de la calidad de vida de seres humanos, producido por el mal funcionamiento de un dispositivo o diseño tecnológico, cuyos efectos negativos no siempre se prevén ni se miden.

Las dos últimas diferencias están relacionadas con el papel de la teoría y el carácter de la metodología en la ciencia y la ingeniería. Frecuentemente se arguye que la ciencia está basada más en la teoría y que la Ingeniería es más “empírica”.

Sin embargo, con Vincenti [6] se destaca una quinta variación contrastable desde el papel de la teoría: el fin de la ingeniería esencialmente incluye teoría basada en principios científicos pero con motivaciones tecnológicamente llamativas de fenómenos o aplicables a dispositivos específicos mucho más que en su poder explicativo (como si sucede en la ciencia).

El sexto giro diferencial lo basa este autor en que la “metodología por excelencia se da por avance incremental”. La metodología ingenieril es aparentemente sencilla: se define el problema, se descompone en partes de arriba a abajo y en forma vertical y horizontal, se subdividen las áreas por problema y subespecialidad. Se trata de una metodología basada en la “variación paramétrica”, “la prueba de modelos a escala”, el uso de “técnicas iterativas asociadas con la síntesis de diseño”, “sistemas totales de conjeturas”, “rigurosas pruebas a gran escala” y “complejos sistemas multinivel”. Todo esto es lo que contribuye al continuo esfuerzo en ingeniería por reemplazar los “actos de perspicacia”, (no enseñables), por “actos de habilidad” (capaces de ser enseñados). Si bien la metodología de la ingeniería se parece a la metodología científica, vista como un todo es diferente a la de la ciencia [6].

En contraste con las seis diferencias, existen tres notorias similitudes: 1) ambas están sometidas a las mismas leyes de la naturaleza; 2) las dos son acumulativas y se difunden extensamente a través de los mismos mecanismos (educación, publicaciones y comunicaciones informales), y 3) se organizan en comunidades profesionales con relevante autonomía disciplinaria.

Un pretexto para diferenciar entre ciencia e ingeniería es el ingenio, que un ingeniero debe demostrar mediante invenciones de nuevos artefactos [10], condición que se adiciona de la idea

de progreso infundida desde el siglo XIX donde el ingeniero ha tenido una participación determinante que contrasta a las ciencias con la ingeniería. El hombre de ciencia encuentra nuevas hipótesis (generalizaciones inductivas), el ingeniero nuevas soluciones tecnológicas (variando combinaciones de reglas preestablecidas).

Cuatro factores empujaron a la ingeniería hacia la ciencia durante el pasado siglo XX. En primer término, el influjo que ejerció el positivismo lógico sobre las ciencias básicas (matemáticas y física), presentándolas como ajenas o inmunes al pensamiento filosófico, moral o religioso, trasladando también su discurso sobre el rigor, la objetividad y la neutralidad científica y valorativa a la ingeniería.

En segundo instancia, a principios del siglo XX, se crearon industrias químicas, eléctricas, y electrónicas, con departamentos y laboratorios de investigación y desarrollo, con científicos e ingenieros trabajando unidos para buscar nuevos conocimientos, sistemas y dispositivos aplicables a la industria.

En tercer lugar sobresale la influencia que, en el contexto de la “Guerra Fría” y el “shock del Sputnik”, ejerció el Informe Grinter [11] en los Estados Unidos de Norteamérica a finales de los años cincuenta, que recomendó mayor énfasis en las ciencias básicas dentro del currículo de ingeniería y acelerar la preparación de graduados para la investigación.

La ingeniería igualmente se mueve (como cuarto sector) en los contextos de lo que Echavarría [12] denomina tecnociencia como una construcción social altamente artificializada que se aplica a los más diversos ámbitos sociales y empíricos para producir modificaciones y mejoras. Ellos son cuatro: (1) el contexto de enseñanza (con centro a nivel universitario, difusor de ciencia normal y más lento en sus resultados), (2) el contexto de innovación (en centros de desarrollo tecnológico, muy vinculado con la apropiación privada del conocimiento), (3) el contexto de evaluación (o de valoración que no suele distinguir entre ciencia y tecnología) y (4) el contexto de aplicación. Los contextos 2 y 4 son los que más potencian la efectividad de los resultados de la ingeniería.

Estos y otros factores parecen haber propiciado lo que Johnston [13] denomina la “cautividad social” del discurso de ingeniería, tanto intelectual como prácticamente. Según este autor, intelectualmente la ingeniería es vista como la simple “aplicación de la ciencia”, esto es, como una actividad que ha asumido todos los principios (éticos, normativos y valorativos de la ciencia). Prácticamente, la ingeniería es vista como enmarcada y gobernada por jerarquías administrativas más que profesionales, influyendo así en la forma como ingenieros definen y resuelven los problemas.

3 Objeto de estudio de la ingeniería física

La ingeniería tiene como soporte formativo las matemáticas, las ciencias básicas correspondientes, áreas de la computación y cursos de formación en la especificidad profesional de acuerdo con el área ingenieril de que se trate. Suelen incluir formación en ciencias y campos complementarios en áreas administrativas, ética y en algunos pensum las humanidades más como temáticas anexas de cultura general, que con el sentido real de proceso de formación necesario y valioso en todos los campos de formación de ingenieros. La base didáctica

es la modelación y un elemento esencial a la ingeniería internacionalmente es el diseño.

A nivel nacional se considera que el conocimiento matemático y de ciencias naturales, sus conceptos y estructuras, constituyen herramientas para el desarrollo de habilidades del pensamiento. En la Resolución número 2773 del año 2003 del Ministerio de Educación Nacional se establece que para la formación integral del estudiante de ingeniería, el plan de estudios básico debe comprender, dentro de sus áreas de conocimiento, la de las Ciencias Básicas, la cual está “integrada por cursos de ciencias naturales y matemáticas, esta última considerada el “área sobre la cual radica la formación científica del ingeniero”. Estas ciencias suministran las herramientas conceptuales que explican los fenómenos físicos que rodean el entorno. Se consideran fundamentales para interpretar el mundo y la naturaleza y facilitar la realización de modelos abstractos teóricos que le permitan a los ingenieros, el uso de la tecnología puesta al servicio de la sociedad” [14].

La profesión de ingeniero tiene internacionalmente elementos comunes en su perfil, ellos tienen que ver con la formación en matemáticas y ciencias naturales con un número mínimo de horas de estudio o de créditos que debe dedicarse a estas áreas dentro de un plan curricular en Ingeniería. El Convenio Andrés Bello editado en el año 2000 [15], estableció los contenidos programáticos mínimos en matemáticas, física y química para ingeniería. Para el caso de matemáticas, de acuerdo con este convenio los temas mínimos que deben tratarse en una carrera de ingeniería son: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales, Álgebra Lineal, Estadística y Probabilidad. Internacionalmente incluyen cursos de introducción a Ecuaciones diferenciales parciales, Probabilidad y estadística. Sin embargo, de acuerdo con las necesidades de cada programa se ven otras asignaturas especializadas de matemáticas que no son comunes a todas las ingenierías, por ejemplo: Variable Compleja, Matemáticas Discretas, Métodos Numéricos. Se destaca de manera particular, el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México donde el objetivo de cada una de sus asignaturas incluye el desarrollo histórico del tema para que el estudiante valore la importancia de este a través de las aplicaciones.

Los ingenieros utilizan varios tipos de diseños: descripciones verbales, diseños matemáticos por la vía de ecuaciones, croquis y gráficas. Son múltiples las formas de representación, pero escasamente estudiadas como formas de enseñanza de la ingeniería, donde se hace necesario evaluar su papel en los diseños representacionales. Pero menos estudiado aún está el aprendizaje mediado por sistemas computacionales facilitadores del diseño en estas profesiones [16]. El resultado de una pedagogía de las ingenierías seguramente enfatizará en la necesaria mirada sobre los esfuerzos conjuntos emergentes como campos interdisciplinarios para los estudios de diseño en la ingeniería, lo que obligará a incluir la contribución de ciencias sociales y humanidades.

A partir de los diseños surgen los modelos, (la palabra modelo viene de la palabra antigua del italiano *modus*, medida, manera o forma y desde el punto de vista didáctico tiene el carácter de representación (nueva presentación) estas son abstracciones de la realidad que se convierten en concepto

poderoso para entender, mediante la dinámica de la representación, las formas como ingenieros, científicos, docentes y estudiantes comprenden y asimilan el mundo. Cada estructura abstracta (modelo) con ciertas propiedades es isomorfa a una estructura concreta (en la realidad natural) Los modelos altamente abstractos (ecuaciones matemáticas, algoritmos, geométricos, estadísticas de tendencias, analogías filosóficas) así como también los concretos (maquetas, planos, imágenes, tablas, redes), por su similitud con la realidad, habilitan para describir, explicar, predecir e intervenir el mundo natural y se convierten en estructuras de representación de universos reales e ideales. Por su singular versatilidad y rigor facultan la intermediación entre sistemas formales “teóricos” y su interpretación “empírica”. A partir de ellos surgen los resultados de la ingeniería en artefactos y sus atributos, procesos y procedimientos [17].

Desde las formas elementales modelares se da el diseño de sistemas de ingeniería complejos. Tales sistemas constan de muchos subsistemas de hardware, cada uno a menudo bastante complicado en sí mismo, y el sistema en general funciona correctamente solo si el comportamiento de los diversos subsistemas es coordinado con precisión. En los primeros estadios de la ingeniería esto solo era posible introduciendo los humanos como subsistemas operativos. Al modelar todo el sistema, los ingenieros consideran a estos operadores como estrategias de control y previsibilidad.

La ingeniería se dividió en subespecialidades para tecnificar y dominar la naturaleza de donde se originan las ingenierías militar, civil, mecánica, eléctrica, electrónica, química, industrial, de sistemas, agronómica, agrícola, biomecánica, biónica, biomédica, con apariciones recientes de ingenierías social, genética, ambiental, aeroespacial, de producción, electromecánica, de minas y petróleo, de comunicaciones, de la computación, informática, administrativa, de redes y telecomunicaciones, pesquera, oceanográfica, urbana, agroindustrial, agropecuaria, matemática. De los programas más recientes en Colombia estaría la Ingeniería física, con una mirada omniabarcante de la naturaleza y que puede tener una doble perspectiva: 1. Una carrera que resulta de base para las demás ingenierías y podría asumirse como una oportunidad de unificación de disciplinas para moldear después por especialidades, o 2. Una opción para profundizar en otros de los múltiples fenómenos naturales no contemplados en ingenierías mencionadas y gestar nuevas técnicas o tecnologías alternativas varias, para numerosos usos combinados o complejos, en los múltiples frentes de la naturaleza no avistados en otras ingenierías, dadas sus especificidades.

La ingeniería física ofrecida en Estados Unidos, Canadá, Rusia, Alemania, Australia y en América Latina en países como México, Perú, Chile y Brasil y Colombia, en esta con cinco universidades que la ofrecen (Universidad Tecnológica de Pereira, Eafit, Universidad del Cauca, Universidad Nacional de Colombia sedes Medellín y Manizales) idearon sus perfiles laborales con énfasis en ámbitos de la electrónica, la instrumentación, la metrología, la geofísica y la óptica, así como en ámbitos de la física nuclear, física médica o del medio ambiente; y en sus perfiles profesionales los programas acondicionan a sus egresados para que actúen en trabajos

interdisciplinarios, con formación experimental en materiales, magnetismo, semiconductores, óptica, optoelectrónica, plasma, instrumentación electrónica, simulación, biofísica, astronomía, biología, química [18].

Ninguna de las facultades colombianas en su oferta curricular de Ingeniería Física ha definido su objeto de estudio, como su nombre indica, del latín *objectum*: “puesto frente a”; aquello que la disciplina estudia y transforma por su acción. Se asume el objeto de estudio publicados en los programas, como la intencionalidad formativa, por ejemplo la Universidad Nacional de Colombia con sede Manizales coloca “Dar al estudiante una sólida formación en ciencia básica que le permita aproximarse a la ingeniería desde una perspectiva científica, para enfrentar problemas en ciencias y tecnología empleando métodos y procedimientos propios de la física aplicada” [19]. Se deja claro que se desconoce lo que es un objeto de estudio y su importancia para cada carrera.

El resultante combinado entre los aspectos ingenieriles y la ciencias de la naturaleza con especial énfasis en la física es el objeto de estudio de la Ingeniería Física que será: “las tecnologías derivadas de la relación energía y materia en cambios de estado y movimientos en el espacio tiempo”. De aquí surgen variaciones aplicables en las más heterogéneas áreas: magnetismo, electricidad, óptica, acústica, termología, dinámica mecánica, hidráulica cuántica, electromagnética, relatividad. Las aplicaciones industriales, biológicas, extractivas, humanas, agrarias son numerosas. Los campos de acción igualmente son plurales y heterogéneamente combinables.

Se requiere en estas escuelas retomar la sugerencia mejicana de ofrecer las asignaturas desde cimientos históricos como estrategia de humanización de las ciencias, incluidas las matemáticas y las áreas técnicas; incrementar las ofertas de asignaturas de historia de las profesiones y filosofía de la técnica donde se muestren no solo sus orígenes sino su razón de ser social y humana, e incluir el componente ético como espacios para la discusión sobre las consecuencias de la generación de técnicas, responsabilidades sobre su ejecución y la prudencia en los ejercicios de diseño, producción y aplicación de tecnologías.

En las ofertas de las universidades en sus perfiles de ejercicio profesional de la ingeniería física, con la formación transversal que tienen, podrían entregar respuestas a los requerimientos de una demandante sociedad en variados campos de acción como el industrial, salud, biología, química, ciencias de la tierra, todo ello a través de ejercicios de investigación, administración, consultoría y docencia con múltiples diseños de alta complejidad. La movilidad es mucho mayor, dado que pueden quedar habilitados para que apliquen, mediando algunos niveles de formación especializada, prácticamente todos los campos de la física clásica y moderna, con ventajas por su capacidad de trabajo interdisciplinar. En esta profesión los estudiantes con formación más integral deberán quedar facultados para prestar servicios muy cercanos a la satisfacción de necesidades técnicas en todos los niveles de formación universitaria y otros grados escolares. Por ello se deberían incluir en los currículos múltiples ejercicios de diseño, construcción de modelos, estructuración de sistemas, ejercicios de matemática aplicada a procesos técnicos complejos y reales.

Esta es una profesión que debe repensarse en cada uno de los programas colombianos existentes, para empezar a dar respuestas técnicas desde la física aplicada a problemas prioritariamente regionales y nacionales y secundariamente a la física universal. Podrían ser incluso réplicas de soluciones dadas en otras latitudes, pero con unos composiciones de adaptación debidamente pensados para lo local y nacional.

4 Conclusiones

A partir del análisis histórico y filosófico realizado se concluye que el objeto de estudio de la ingeniería física son “las tecnologías derivadas de la relación energía y materia en cambios de estado y movimientos en el espacio tiempo”.

Hay desconocimiento generalizado sobre lo que es objeto de estudio en las facultades de ingeniería física al nivel de las escuelas colombianas que la ofrecen.

5 Referencias

- [1] L. Mumford, Técnica y civilización. Quinta reimpression en “Alianza Universidad”: New York, 308p 1992.
- [2] G. J Dettmer, Ciencia, tecnología e ingeniería, *Revista de la Educación Superior* Vol. XXXII (4), No. 128, pp. 81-93. Octubre-Diciembre 2003 Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM.
- [3] E. Kant, Crítica de la razón práctica, 2015. Create space independent publishing platform, pp158.
- [4] C. Mitcham, Thinking through technology: The path between Engineering and Philosophy, University of Chicago Press, 397 p 1994.
- [5] W. Faulkner, “Conceptualizing knowledge used in innovation. A second look at the science-technology. Distinction and industrial innovations”, en *Science, Technology and Human Values*, Vol. 19, No. 4. 1994.
- [6] W. G. Vincenti, What engineers know y how they know it, Analytical Studies from Aeronautical History, Baltimore, The John Hopkins University Press, 1993.
- [7] R. Collins, La sociedad credencialista, Madrid, Ed. Akal, 1989.
- [8] D. Layton, Innovaciones en la educación científica y tecnológica, París, UNESCO, Vol. I. 1988.
- [9] P. P. Savioti, On the economics of the expertise”, Exploring Expertise, MacMillan Press, London - (1998b). “On the dynamics of apropiability, of tacit and codified Knowledge”, en *Research Policy*, No. 26 1998.
- [10] H. Poser, “On structural differences between science and engineering”, en *Society for Philosophy & Technology*, vol. 4, number 2. 1998.
- [11] Grinter Report on Evaluation of Engineering Education, Reprinted from *Journal of Engineering Education*, September, pp. 25-60, 1955.
- [12] J. Echavarría, Filosofía de la ciencia, Ed Akal S.A. 1998 2a edición Madrid
- [13] S, Johnston A. y H. McGregor, “Engineering as captive discourse”, en *Society for Philosophy & Technology*, vol. 1, number 3-4, 1996.
- [14] Ministerio de Educación Nacional (MEN de Noviembre 13 de 2003) Resolución 2773 Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería en www.mineducacion.gov.co/1621/article-86417.html
- [15] V. Pachiana & E. Villanueva, “Validez de títulos de educación superior y habilitación profesional entre los países iberoamericanos. Homologación y reconocimiento de títulos de educación superior en Iberoamérica” Convenio Andrés Bello, 2000. Disponible en:http://convenioandresbello.org/superior/documentos/reunion_expertos/Validez_de_titulos_de_educacion_superior_y_habilitacion_profesional_entre_los_paises_iberoamericanos.pdf
- [16] M. Franssen, Roles and Rules and the Modelling of Socio-Technical Systems in Volume 1, *The Proceedings of a series of seminars*, Delft University of Technology Published by The Royal Academy of Engineering 3 Carlton House Terrace London 2010.
- [17] C. Dym, and P. Brey, ‘Languages for Engineering Design: Empirical Constructs for Representing Objects and Articulating Processes’. In: P. Kroes and A. Meijers (eds.), The empirical turn in the philosophy of technology. Research in *Philosophy and Technology*, 20. Elsevier/JAI Press, 119-148, 2001.
- [18] Universidad Tecnológica de Pereira, Plan de estudios de Ingeniería física 2018 vigente. Disponible en: <https://ingenierias.utp.edu.co/ingenieria-fisica/plan-de-estudios.html>
- [19] Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Plan de estudios de Ingeniería física, 2018. Disponible en: <http://www.manizales.unal.edu.co/menu/programas-academicos/carreras/ingenieria-fisica/>

Bibliografía

- P. D. Jaramillo, ¿Existe una filosofía de la ingeniería? *Universitas Philosophica*, vol.32 no.64, 313-328, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.uph32-64.ficc>
- C. M. Segarra & J. C. Bou, Concepto, tipo y dimensiones del conocimiento: Configuración del conocimiento estratégico, *Revista de economía y empresa*, núm. 52 y 53 segunda época, 175-195, España, 2004.
- Universidad de México, Plan de estudios de Ingeniería Física, 2018. Disponible en: <https://universidadesdemexico.mx/carreras/ingenieria-fisica>.
- Universidad EAFIT, Plan de estudios de Ingeniería Física, 2018. Disponible en: <http://www.eafit.edu.co/programas-academicos/pregrados/ingenieria-fisica/plan-de-estudios/Paginas/cursos-por-semestre.aspx>

J. L. Castaño es Ingeniero Físico de la Universidad Nacional de Colombia, Magíster en ciencias en Ingeniería Física de la Universidad de Barcelona, Magíster en ciencias en Acústica de la Universidad Austral de Chile. Desarrolla estudios de doctorado en la Universidad del Valle. Campos centrales de desempeño acústica.
ORCID 0000-0002-0001-8636

M. E. Bernal es Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Caldas, Magíster en ciencias en Fitopatología de la Universidad de Caldas. Con estudios de maestría en Filosofía de la ciencia. Campos centrales de desempeño agrotóxicos, alcaloides y educación.
ORCID 0000-0002-6331-8513

E. Castaño es Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Caldas y Especialista en Administración de la Universidad de Caldas. Con estudios de maestría en Filosofía de la ciencia. Campos centrales de desempeño: educación universitaria, agrotóxicos y desarrollo rural.
ORCID 0000-0002-3010-0630