

La Dimensión de la Sostenibilidad en la Enseñanza de las Ingenierías en Cuba

The Dimension of Sustainability in Engineering Education in Cuba

José A. Díaz Duque

e-mail: jadunque@civil.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echeverría» (CUJAE). Cuba

Resumen: La especie humana atraviesa una de las más complejas y peligrosas etapas de su desarrollo. El crecimiento desordenado de la producción de bienes y servicios, el consumo irracional y desigual, así como la distribución inequitativa, sin tener en cuenta los límites que imponen los recursos naturales, la han colocado en el vórtice de una crisis de existencia. Numerosos han sido los aportes de los conocimientos científicos y tecnológicos, pero al mismo tiempo han provocado grandes impactos negativos en los sistemas naturales. Las ingenierías han contribuido al desarrollo humano, pero no de una forma sostenible. Identificar las exigencias de sostenibilidad para las ingenierías y precisar los aspectos claves en la formación de los ingenieros para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad son objetivos principales del presente trabajo, por lo que se propone el decálogo de la sostenibilidad para las ingenierías y se brinda un esquema para la implementación del enfoque de la sostenibilidad en la enseñanza de las ingenierías. Finalmente se analiza la situación cubana al respecto y se propone el paso a un nuevo ciclo de perfeccionamiento de los planes y programas de estudio, con la transformación del modelo del profesional en base a los problemas de sostenibilidad.

Palabras claves: Sostenibilidad; enseñanza de la ingeniería; universidad; Cuba.

Abstract: The human species crosses one of the most complex and dangerous stages in its development. The disordered growth of the production of goods and services, the irrational and unequal consumption, as well as the inequitable distribution, without keeping in mind the limits that impose the natural resources, has placed it in the vortex of an existence crisis. Numerous they have been the contributions of the scientific and technological knowledge, but at the same time they have provoked negative enormous impacts in the natural systems. The engineering have contributed to the human development, but not in a sustainable way. The main objectives of the present work consist in to identify the sustainability demands for the engineering and to specify the key aspects in the formation of the engineers to contribute to the sustainable development of the society. In consequence, it is proposed the Decalogue of the sustainability for the engineering and it is presented an outline for the implementation of the sustainability dimension in engineering education. Finally the Cuban situation is analyzed in this respect and it is proposed the step to a new cycle of improvement of the plans and study programs, with the transformation of the professional's model based on the sustainability problems.

Keywords: Sustainability; engineering education; university; Cuba.

Recibido / Received: 27/01/2015

Aceptado / Accepted: 11/05/2015

1. Introducción

Los más graves problemas globales en materia ambiental y de desarrollo humano tienen sus raíces en el orden económico mundial, caracterizado por el continuo y desordenado crecimiento de la producción, el irracional consumo de bienes y servicios, y la desigual distribución de las riquezas y los conocimientos, todo lo cual contribuye sustancialmente al total y progresivo agotamiento de los recursos naturales planetarios y a su contaminación, además de crear y perpetuar desigualdades alarmantes entre los seres humanos y entre las naciones. Apenas ha comenzado el siglo XXI y la especie humana se encuentra en una encrucijada para su existencia: o se adoptan patrones racionales para la producción, el consumo y la distribución de todo tipo de bienes y servicios, o la vida desaparecerá paulatinamente sobre la faz de la Tierra.

En el contexto de la crisis ecológica, surgida a partir la segunda mitad del siglo XX, se producen las grandes Cumbres de la Tierra en Estocolmo (1972), Río de Janeiro (1992), Nueva York (2000), Johannesburgo (2002) y más recientemente Río+20 (2012), auspiciadas por la Organización de las Naciones Unidas, en las que se han adoptado declaraciones, resoluciones, planes y agendas, objetivos y metas, y se convoca a los estados y gobiernos a un trabajo serio y mancomunado para salvar a la especie humana de los efectos nocivos de los problemas globales que afectan al planeta como el cambio climático, la degradación de las tierras, la deforestación, la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, la reducción de la capa de ozono, la pobreza, la desnutrición, la insalubridad y el crecimiento demográfico, entre otros.

Paso a paso, se ha ido conformado un nuevo paradigma del desarrollo, caracterizado esencialmente por tres dimensiones: la económica, la social y la natural o ecológica, denominado «*desarrollo sostenible*», mediante el cual se califica a un estado ideal u óptimo cuya base conceptual descansa en el precepto formulado en 1987 por la Comisión Brundtland: «Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias» (Brundtland, 1987, p. 31).

El Informe Brundtland fundamentó el concepto de desarrollo sostenible y lo institucionalizó, logrando que el mismo desbordara los límites puramente académicos y pasara al espacio político. Este aspecto de por sí, es un gran aporte, aun teniendo en cuenta las serias limitaciones que el mismo posee, dadas las restricciones en cuanto a su alcance, nivel de imprecisión y grado de ambigüedad (Gómez Gutiérrez y Díaz Duque, 2013, p. 14).

Al celebrarse la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en Johannesburgo en el 2002, la atención de los líderes mundiales se centró en la implementación de

los principios del desarrollo sostenible, particularmente en los recursos financieros, así como en reforzar su enfoque tridimensional: económico, social y ambiental. Otros aspectos focalizados lo constituyeron la erradicación de la pobreza, la promoción del desarrollo humano, la producción y el consumo sostenibles, el uso de las energías renovables, el acceso universal a los servicios de agua potable y de saneamiento, así como el acceso a la información y a la justicia ambiental.

En la actualidad, además de las graves crisis alimentaria, energética, financiera y económica por las que atraviesa el planeta, se manifiesta una severa crisis ambiental, reforzada por el cambio climático, todo lo cual gravita negativamente en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y los propósitos de alcanzar un desarrollo sostenible para todas las naciones y pueblos de la Tierra. La población mundial sigue creciendo a un ritmo no deseado, sin una correspondencia con la asignación de recursos para la educación, la salud, la alimentación y la vivienda; los niveles de pobreza lejos de disminuir han aumentado, al igual que se han deteriorado los índices de la salud pública y la educación. La cifra de hambrientos no cede a pesar del incremento en los volúmenes de producción de alimentos, que en ocasiones se destruyen para evitar la caída de los precios en el mercado, en lugar de desviarlos hacia los países más necesitados. El creciente consumo de energía es irracionalmente heterogéneo y los patrones energéticos no son asimilables globalmente, provocando la fragmentación y la degradación de los ecosistemas, la pérdida de la diversidad biológica y el recalentamiento de la Tierra (PNUD, 2010).

El dilema acerca de la continuidad de la vida en el planeta ha evidenciado la necesidad de alcanzar una interrelación armónica entre el funcionamiento de los sistemas productivos, sociales y naturales, de manera que se logre una calidad de vida equitativa y justa para todos los seres humanos presentes y futuros sin destruir los ecosistemas ni agotar los recursos naturales ni deteriorar el metabolismo social (Naredo, 2006). En este contexto tan complejo se desarrollan las acciones de las tecnologías y se ejecutan los proyectos de todo tipo, actividades que no podrían llevarse a cabo sin el concurso imprescindible de los ingenieros, cuya formación universitaria y posterior preparación y formación está aún distante del enfoque de la sostenibilidad.

Los ingenieros deben asumir una mayor responsabilidad en la construcción de una sociedad sostenible, y para ello tienen que estar debidamente preparados, dotados con las herramientas imprescindibles, para introducir en todas las etapas y fases de su labor, el enfoque de sostenibilidad, tanto en la producción de bienes y servicios como en el consumo de todo tipo de materiales y energías, y en la distribución de las riquezas y los conocimientos de forma equitativa, sin perder de vista que lo natural impone límites a las tecnologías y a los sistemas productivos,

en tanto que los impactos de su aplicación deberán ser positivos. Los ingenieros deben quedar armados con las herramientas que brinda la ciencia de la naturaleza (Naredo y Parra, 1993, pp. XI-XIX).

2. La conceptualización de la sostenibilidad

A lo largo de más de doscientos años, luego de la Revolución Industrial, la humanidad soslayó el carácter finito de los recursos naturales y su papel limitante para el crecimiento económico y el desarrollo social. El pensamiento económico dominante no evaluó debidamente al patrimonio natural y actuó en consecuencia, prevaleciendo ante todo el concepto de que el crecimiento económico podía ser ilimitado y que la satisfacción de las necesidades humanas podía representarse como una espiral creciente en el tiempo. Lo esencial, en todo este período, se fundamentó en encontrar nuevas vías de enriquecimiento económico, de explotación de los recursos naturales y de obtención de beneficios financieros crecientes, proporcionando como resultado un escenario ambiental global crítico para mediados del siglo XX.

El mundo académico, tanto en las ciencias económicas como naturales, comienza a percatarse de esta situación y a inicios de la década de los años setenta del siglo pasado aparecen las primeras publicaciones alertando sobre los límites físicos del crecimiento y aportando evidencias sobre el deterioro ambiental del planeta como consecuencia de la voracidad insaciable de los diferentes sectores o ramas de la economía, particularmente la energética, la construcción, el transporte y la industria en general (Meadows et al., 1972). En este contexto tiene lugar en 1972, en Estocolmo, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, considerada como la Primera Cumbre de la Tierra, y que dio lugar al movimiento ambiental mundial. Esta Conferencia evidenció la interrelación entre las dimensiones económica, social y ambiental, destacando que los factores ambientales deben ser parte integrante de las estrategias de desarrollo de los países (ONU, 1972).

Entre Estocolmo (1972) y Río de Janeiro (1992) numerosos fueron los autores e instituciones que profundizaron en las interrelaciones existentes entre el crecimiento económico, el desarrollo social y la situación natural o ambiental. De estos trabajos pueden extraerse las siguientes consideraciones:

- Los recursos de la naturaleza son finitos y ponen límites al crecimiento económico y al desarrollo social.
- Las actividades humanas consumen materiales y energía que provienen del medio natural y, al mismo tiempo, generan residuos o desechos que lo afectan.

- Con el desarrollo científico y tecnológico se han creado nuevas sustancias contaminantes, altamente nocivas, algunas de las cuales tienen efectos transfronterizos.
- La población del planeta crece a un ritmo geométrico y ejerce una mayor presión sobre los recursos naturales, al demandar mayores niveles de producción y consumo de bienes y servicios, particularmente alimentos, ropa y calzado, agua, viviendas, transportación y energía.
- La distribución desigual de los recursos naturales a escala planetaria, unido al crecimiento de la población, el aumento de la presión sobre los recursos, la ocurrencia de fenómenos naturales adversos y la débil organización social, ha generado conflictos sociales en determinados países, especialmente en el mundo subdesarrollado.
- Con el desarrollo de la Revolución Científico-Técnica de mediados del siglo XX se amplificaron los problemas existentes en la relación crecimiento económico-estado del medio natural, aparecieron las megaciudades, se multiplicó el transporte y se densificaron las redes técnicas de abastecimiento y de evacuación de los residuos.

Todo ello explica la creciente preocupación de la comunidad internacional en cuanto al agotamiento de los recursos naturales, el deterioro acelerado del medio ambiente, el crecimiento de la pobreza y sus secuelas en términos de educación y salud, la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos severos como consecuencia del calentamiento global del planeta y sus vínculos con los irracionales patrones de producción y consumo y las injustas formas de distribución de las riquezas y los conocimientos. Este pensamiento universal impulsa a la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU) a la creación en 1983 de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (*World Commission on Environment and Development*), con el objetivo de elaborar un documento estratégico que permitiera construir un futuro mejor, más justo y más seguro para toda la humanidad. Al frente de esta comisión se colocó a la entonces Primera Ministra de Noruega, la Sra. Gro Harlem Brundtland quien rindió, cuatro años más tarde ante la propia AGNU, el famoso informe Nuestro Futuro Común (*Our Common Future*). Es en este documento donde por primera vez se conceptualiza el llamado «desarrollo sostenible», incluyendo dentro del mismo no solo aspectos económicos y ambientales, sino también otros de índole social.

Con posterioridad a la publicación del Informe Brundtland en abril de 1987, y particularmente luego de su acogida universal durante la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que tuviera lugar en Río de Janeiro en 1992, se ha producido un amplio y sistemático debate internacional acerca del concepto de desarrollo sostenible, su alcance, méritos e

insuficiencias (Gómez Gutiérrez y Gómez Sal, 2013). Resulta sorprendente, además, el grado de vulgarización, imprecisión, tergiversación y confusión en el uso de este concepto, tanto por parte de economistas, empresarios y políticos, como por los medios de prensa.

Los elementos que distorsionan el concepto de desarrollo sostenible parten de la propia expresión y conceptualización dadas por Brundtland. A ello se suma el hecho de tratar de forma independiente las palabras «desarrollo» y «sostenible», rompiendo con ello la concepción inicial de esta importante categoría, como una unidad conceptual en la que intervienen al menos las tres dimensiones clásicas: la económica, la social y la ambiental. De esta forma aparecen un conjunto de expresiones difusas o en ocasiones contradictorias como, por ejemplo, explotación minera sostenible, economía sostenible, empresa sostenible, crecimiento sostenible.

El desarrollo sostenible o la sostenibilidad, como categoría conceptual, consiste en reconocer el carácter limitante del patrimonio natural para lograr el crecimiento económico y el desarrollo social; en comprender que los objetivos y metas económicas y sociales deben alcanzarse con un mínimo empleo de los recursos naturales de todo tipo, y que los residuos producidos puedan ser debidamente asimilados por la naturaleza; alcanzando una distribución equitativa y justa de las riquezas y los conocimientos, en todo lo cual intervienen diversas dimensiones más allá de las tradicionales dimensiones económica, social y ambiental (Díaz Duque y Gómez Sal, 2013, pp. 29-31).

3. El papel de las ingenierías en la sociedad

Resulta imposible desarrollar en la actualidad una actividad humana, por simple que parezca, sin el concurso de las ingenierías. La sociedad moderna se ha construido sobre la base de los aportes constantes y crecientes de las más diversas ramas ingenieras. Desde el comienzo mismo de la civilización, el ser humano, aunque de forma inconsciente, empírica y espontánea, se ha hecho acompañar de las ingenierías, al conformar una herramienta o un arma a partir de una roca o un mineral, al conservar y utilizar el fuego, al construir una choza o un canal de riego, al utilizar la energía animal en lugar de la humana, al forjar los metales y al combinarlos para obtener nuevos materiales para diferentes propósitos. Elementos descolantes en toda la historia de las ingenierías, y cuyas raíces se encuentran en la Antigüedad, son la palanca, el plano inclinado, el péndulo, la rueda, la polea, el cigüeñal, la fundición, la pólvora. Otros aportes singulares posteriores lo constituyeron la aparición de la imprenta, el reloj de contrapeso, la bomba de aire, el pistón, y muchos más hasta llegar al motor de vapor, singular contribución que permitió convertir la energía calorífica en energía mecánica, y que constituye la piedra básica de la Revolución Industrial de mediados del siglo XVIII.

A partir de este punto en la historia humana, el progreso técnico y tecnológico se multiplicó, transformando radicalmente algunas ramas decisivas como el transporte terrestre y marítimo, con la introducción del ferrocarril y el barco de vapor; las comunicaciones, con la maravillosa invención del telégrafo y más tarde del teléfono; la evolución de las factorías hacia auténticas fábricas, y luego industrias, que pronto reclamaron nuevas y más potentes fuentes de energía, con lo cual se estimuló a la minería del carbón primero, y posteriormente a la exploración y explotación de los hidrocarburos, hasta llegar incluso al empleo de la energía nuclear, con lo cual se estimulaban nuevos ciclos productivos y se generaban nuevos inventos capaces de renovar y volver a renovar cada vez más a la sociedad, envuelta, como nunca antes, en una espiral de desarrollo tecnológico indetenible, catalizada además por los dos conflictos bélicos mundiales.

El siglo XX se caracterizó por ser el siglo de los grandes inventos: la electrónica, el automóvil, el avión, la televisión, la computadora, la cámara digital y otros. Se producen, en apenas una centuria, dos nuevas revoluciones: la Revolución Científico-Técnica a mediados del siglo, y la Revolución del Conocimiento, en su última década. Todo este proceso impactó en la productividad del trabajo y en la creación y desarrollo de nuevas y más grandes ciudades, que reclamaron soluciones novedosas a los problemas derivados de la construcción acelerada, el aprovechamiento racional del espacio, la infraestructura técnica, el tratamiento de los residuales de todo tipo, la transportación y un sinnúmero mayor de conflictos generados por el propio crecimiento urbano (Jordán y Simioni, 2003).

Paralelamente a este desarrollo técnico y tecnológico de la humanidad, se producía un acelerado deterioro del planeta, como consecuencia justamente de las acciones humanas sobre los recursos naturales que iban provocando su agotamiento paulatino, particularmente los no renovables, así como la degradación de los ecosistemas como consecuencia de la alteración de los ciclos naturales o la producción de nuevas sustancias tóxicas y contaminantes que afectarían en forma creciente y acumulativa a las diferentes capas de la atmósfera, para provocar, por una parte, el adelgazamiento de la vital capa de ozono y por otra, el calentamiento global de la Tierra. Simultáneamente tuvieron lugar los dos procesos resultantes de las aplicaciones de las ingenierías: uno positivo, caracterizado por la generación de nuevos bienes y servicios que incrementarían la calidad de vida de la población; el otro negativo, matizado por los impactos perjudiciales para la vida y la salud, no solo de las personas, sino de toda manifestación viviente, al punto de poner en riesgo la vida en el planeta.

La formación de los ingenieros fue en un inicio, y por siglos, esencialmente práctica, con el aprendizaje directo de las técnicas y herramientas durante la búsqueda de la solución al problema planteado; los conocimientos pasaban de

los maestros de obras a los aprendices, prácticamente sin proyectos ni planos. El proceso consistía en aprender haciendo, con el empleo del método de ensayo y error. Poco a poco se fue conformando el conocimiento tecnológico, el saber qué y cómo hacer, y con el avance científico, se fundamentaba teóricamente lo que en la práctica ya se había logrado. Ahí quedan, como ejemplos vivos de este proceso, las pirámides de Egipto, México, Perú y Centroamérica, la Gran Muralla China, los muros y fortificaciones de numerosas ciudades antiguas, los edificios y templos griegos, los acueductos y puentes romanos. Además de la rama constructiva, y muy vinculada a ella, se desarrolló la ingeniería militar, con la construcción de artefactos y medios para el asedio a las fortificaciones: arietes, torres, catapultas, puentes colgantes y otros, hasta llegar al cañón, cuya aparición se remonta al siglo XIV en Alemania.

La primera escuela formal de ingeniería se crea en Francia en 1675 para la formación de ingenieros militares, y en 1795 se crea también en este país la primera escuela politécnica de Europa, que abre las puertas a otras similares que a lo largo del siglo XIX van apareciendo en este propio continente (Zúrich, Delft, Turín). En 1865 queda constituido el Instituto Tecnológico de Massachusetts en Estados Unidos. Hasta finales de este siglo, la ingeniería fue esencialmente militar y civil (no militar), y solo entonces comienza su diferenciación, la que tiene lugar prácticamente a lo largo del siglo XX, con la creación de sociedades e institutos que agrupaban a los ingenieros mecánicos, eléctricos, químicos, industriales, petroleros y otros.

4. La dimensión de la sostenibilidad en las ingenierías

El siglo XXI depara nuevos y mayores retos a las ingenierías (National Academy of Engineering, 2008), comenzando por la sostenibilidad, en aras de lograr la preservación de la especie humana y alcanzar una adecuada calidad de vida para todos los habitantes de la Tierra. Este siglo exige un cambio radical de paradigma en la formación de los ingenieros, con vistas a lograr una actuación profesional más consciente y consecuente con los problemas más acuciantes que enfrenta hoy la humanidad: energía, calidad y disponibilidad de agua, contaminación, cambio climático, alimentación, salud y pobreza, entre otros. No es suficiente preparar a los ingenieros para responder exclusivamente a los reclamos que a su profesión realiza la sociedad en que se desenvuelven; resulta un imperativo actual dotarlos de una visión holística e integradora que les permita avanzar hacia la construcción de una sociedad sostenible, es decir, trabajar desde hoy con un enfoque de sostenibilidad hacia el presente y el futuro, considerando todas las dimensiones actuantes en esta categoría.

Construir un futuro de sostenibilidad desde las ingenierías, contempla, como mínimo las siguientes exigencias para el ejercicio de la profesión: a) reducción de los consumos de todo tipo de recurso y energía; b) bajo nivel de generación de todo tipo de contaminante al medio; c) respeto a la integridad, el equilibrio y el funcionamiento de los ecosistemas; d) eliminación y disminución de vulnerabilidades, así como abstenerse de crear otras nuevas; e) aprovechamiento máximo de las fuentes renovables de energía y de los recursos locales; f) observancia de los ritmos de reposición de los recursos naturales renovables; g) conversión de residuos de unos procesos en materias primas para otros procesos productivos; h) respeto a la armonía y los valores de los paisajes así como al patrimonio histórico y cultural de las comunidades; i) máximo empleo de las 3R: recuperación, reciclaje y reúso; j) diseño e implementación de soluciones tecnológicas amigables con el medio ambiente. Estas diez exigencias constituyen, por tanto, el decálogo de la sostenibilidad para las ingenierías, cualquiera sea la rama de su aplicación.

Al actuar, en el marco de su profesión, el ingeniero debe estar inspirado en un conjunto de valores y principios éticos que refuercen la relación armónica entre las tecnologías a aplicar y sus impactos en el entorno. Las actuales circunstancias reclaman una nueva clase de ingeniería, un nuevo tipo de ingeniero, que se destaque por el enfoque holístico y la visión sistémica en la solución de los problemas, que promueva y favorezca el trabajo en equipos multidisciplinarios, y que practique cotidianamente una interacción diáfana y respetuosa con el medio ambiente, con los ciudadanos, las comunidades y la sociedad en sentido general (RAENG, 2005).

La universidad es la fragua donde se forja el ciudadano del mañana. Por ello hay que formar ingenieros que sean líderes, capaces de conducir los diferentes procesos que tienen lugar en la sociedad y que la impulsen por el camino de la sostenibilidad, por medio de ideas y acciones que desborden los muros universitarios así como las fronteras de su especialidad.

Los ingenieros se desenvuelven en diferentes escenarios, con disímiles niveles de actuación y con el desempeño de diversas responsabilidades, siguiendo las pautas y etapas de los proyectos, que constituyen la célula básica de su trabajo. Así se encuentran ingenieros trabajando en los sectores público, privado y cooperativo; a distintos niveles de actuación como empresarial, municipal, provincial, nacional, regional, internacional. Los menos experimentados ocupan las plazas de ejecución de las tareas, comenzando por las menos complejas; luego avanzan y se desempeñan como jefes de brigada o de taller o incluso jefes de proyecto o de programa. Algunos escalan posiciones administrativas convirtiéndose en directivos de empresas, instituciones u organizaciones, pero siempre con cierta articulación con el trabajo técnico. En cualquiera de estos escenarios y formas

de actuación, el ingeniero, ante todo deberá ser un profesional ético, riguroso, responsable y comprometido con su profesión, la naturaleza y la sociedad.

Una actuación ingenieril sostenible es aquella que tiene como rasgos característicos: la integración de la dimensión ambiental en las decisiones técnicas, económicas y sociales, la jerarquización de los recursos propios o locales, el reconocimiento del papel de las comunidades y la población local, la cohesión integrada de todos los actores económicos y sociales, la participación consciente y organizada de la población involucrada en los proyectos, la inclusión de todos los sectores de la población sin excepción, la proyección y evaluación de escenarios futuros, la solidaridad espacial y temporal tanto intrageneracional como intergeneracional, el incremento progresivo y planificado de la calidad de vida de la población, el empleo del conocimiento científico junto a la sabiduría popular tradicional.

Esta actuación sostenible de los ingenieros se manifiesta en los proyectos, los programas, los planes, las estrategias y las políticas, mediante los cuales se deben alcanzar los objetivos supremos de la sostenibilidad: la elevación de la calidad de vida de toda la población, la protección de los recursos naturales, la erradicación de la pobreza, la obtención de la equidad y el logro de la justicia social, entre otros. Por supuesto, ello requiere de un cambio de paradigma en la formación y el comportamiento profesional de los ingenieros, en los que lo natural prevalezca sobre lo técnico y lo tecnológico, tanto en la concepción como en la programación y la ejecución. Diversas instituciones y asociaciones se han pronunciado al respecto (CONFEDI, 2010; IIE, 2005; RAENG, 2005).

Los problemas a los cuales se enfrentan los ingenieros presentan un carácter multidimensional, de ahí que su solución tenga que obtenerse bajo una óptica o un enfoque en el que se involucren también diversas dimensiones o ejes, no solo la dimensión técnica o tecnológica, sino además la económica, la social, la natural, la productiva, la ética, la jurídica, la política, por sólo citar algunas. Este enfoque integrador y holístico es propio de los análisis de sostenibilidad, y para ello el ingeniero dispone de poderosas herramientas e instrumentos de carácter general como son el conjunto de normas técnicas y en particular las que pertenecen a las familias ISO 14 000, ISO 26 000, ISO 31 000, los manuales de buenas prácticas, los sistemas de evaluación ambiental y evaluación estratégica ambiental, los procesos de ordenación territorial y ambiental, la gestión del ciclo de vida de los productos, los sistemas logísticos, las técnicas de producción más limpia y otras más.

5. La contribución de las universidades técnicas a la sostenibilidad

Las universidades técnicas son las encargadas de la formación de los ingenieros y los arquitectos dentro de la educación superior. En algunos países también existen facultades técnicas o tecnológicas dentro de las universidades de amplio perfil que incluyen además de las ciencias técnicas a las ciencias naturales, exactas, económicas, sociales, humanísticas y otras. Estas instituciones, bien sean universidades o facultades técnicas, tienen la enorme responsabilidad de formar a sus futuros egresados con un enfoque de sostenibilidad en su actuación profesional, lo que desborda la tradicional formación técnica de los recursos humanos altamente calificados. Hay tres aspectos cruciales a resolver por las universidades técnicas en cuanto a obtener un graduado en ingeniería con una visión de sostenibilidad: las competencias de sostenibilidad, las formas de adquisición de esas competencias durante los estudios universitarios, y la estructura organizativa de conjunto con el plan de estudios para garantizar tales competencias (Segalás Coral, 2009).

Por su propia esencia, la universidad moderna está impregnada por una condición social y humanista, con un carácter innovador y transformador de la sociedad, al colocar al ser humano en el centro de sus propósitos y objetivos, a quien prepara para enfrentarse a los complejos problemas de la vida, y resolverlos profesionalmente con un sentido ético y solidario. Por lo general, existe comprensión por la condición humana y se observa respeto por la naturaleza, de manera que están creadas las bases para un enfoque de sostenibilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto para la instrucción académica como para la formación educativa.

Toda universidad tiene dos objetivos esenciales respecto a la sostenibilidad, uno interno y otro externo (Figura 1). El primero de ellos está condicionado por la necesidad de entender y explicar la sostenibilidad, con propósitos bien claros y definidos, dirigidos a estudiar, describir y explicar los problemas que enfrenta la sociedad en materia de sostenibilidad. En cuanto al objetivo externo, su carácter es transformador de la sociedad, y consiste en la solución de esos problemas de sostenibilidad que han sido previamente estudiados y explicados, se trata de focalizar e implementar la actuación de los profesores, los alumnos y los egresados por la ruta de la sostenibilidad.

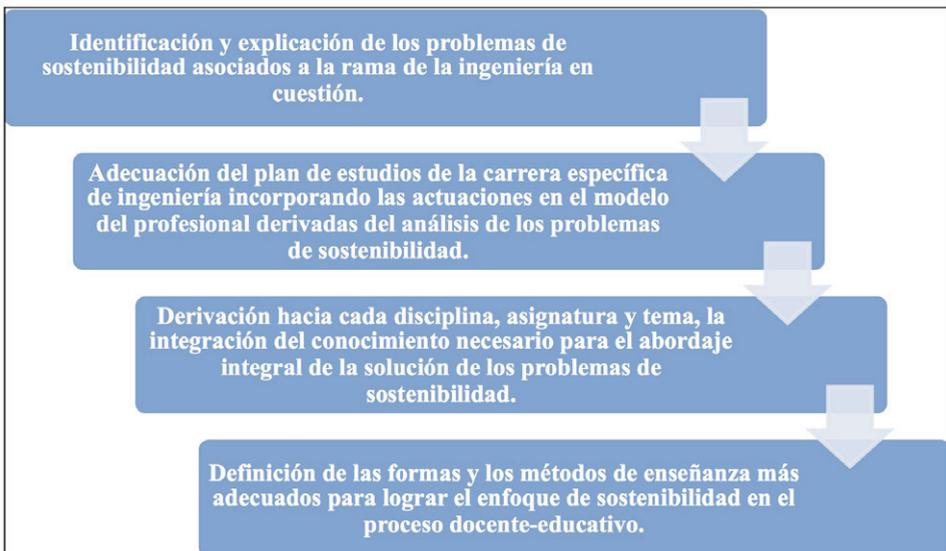
Cumplimentar estos objetivos es, sin lugar a dudas, una tarea compleja, y exige de una gran capacidad de convocatoria, de un sólido compromiso institucional y una actuación decisiva en los diferentes niveles del gobierno y de la sociedad civil. A ello se une una imprescindible concepción estratégica para la gestión universitaria integrada y coherente, que se distinga por su transversalidad y visión holística.

Figura 1: Objetivos esenciales de la universidad técnica respecto a la sostenibilidad



Los problemas de la sostenibilidad se expresan en forma multicausal, con efectos variados e interrelacionados, vinculados estrechamente con todas sus dimensiones, de tal forma que la docencia universitaria, basada en el enfoque problémico, encuentra un escenario ideal para la confrontación multidisciplinaria y transdisciplinaria en el modelo del profesional, al considerar las dimensiones de la sostenibilidad. Este desafío no se resuelve con la simple incorporación de una asignatura o disciplina en el plan de estudios de la carrera, ni aun con la creación de una nueva carrera universitaria. De lo que se trata es de incorporar una nueva visión en la formación del profesional universitario, basada en el paradigma de la sostenibilidad, y en correspondencia con ello determinar las nuevas formas de la enseñanza de las ingenierías para una actuación responsable hacia la naturaleza y la sociedad, con un enfoque innovador en el saber universitario, en la aprehensión del conocimiento y en su aplicación racional para encontrar soluciones apropiadas a los problemas identificados (Figura 2).

Figura 2: Esquema para la implementación del enfoque de la sostenibilidad en la enseñanza de las ingenierías



Cada colectivo docente estará involucrado en esta tarea pedagógica, desde el colectivo de la disciplina hasta el colectivo de la carrera, con una fuerte vinculación con el colectivo de cada año que compone la carrera, para implementar la integración de los conocimientos en la solución de los problemas de sostenibilidad incorporados al plan de estudios, de acuerdo con el nivel de conocimientos y habilidades alcanzados. Este trabajo exige de una estrecha y sistemática articulación con las ramas y sectores en los que se manifiestan las actuaciones del profesional que está en formación, de forma que el modelo no sea rígido y definitivo, sino que se actualice en función de los nuevos problemas de sostenibilidad que se vayan conformando o por las transformaciones de los problemas ya identificados con anterioridad.

El objetivo externo de toda universidad, referido a la transformación de la sociedad para conducirla por los caminos de la sostenibilidad, tiene lugar principalmente por la realización de las investigaciones científicas y la aplicación y generalización de sus resultados y los conocimientos universales, mediante mecanismos innovadores, incluyentes y creativos. Aquí se expresan los restantes procesos sustantivos de todo centro de educación superior: la investigación científica, la enseñanza de posgrado y la extensión universitaria.

La universidad técnica moderna se distingue por su desempeño científico, por sus resultados y aportes científico-técnicos encaminados a la solución de los problemas que confronta la sociedad, por su ejecutoria empresarial de alto nivel científico y tecnológico, por ser generadora e incubadora de empresas y parques tecnológicos de nuevo tipo. En estas universidades se cierra el ciclo del conocimiento, desde su generación hasta su implementación mediante un producto o servicio comercializado. Este importante rasgo, convierte a la universidad técnica moderna en un factor imprescindible para alcanzar la sostenibilidad a nivel de país o de rama.

Existen notables e interesantes experiencias en varias universidades sobre la formación de los ingenieros en materia de sostenibilidad, principalmente en Europa, como son los casos de la Universidad Politécnica de Cataluña (España) y la Universidad de Tecnología de Delft (Holanda). También sobresalen los resultados alcanzados por la Universidad Tecnológica de Sidney y otras universidades australianas (Desha, 2010).

La Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) se ha distinguido por la aplicación de metodologías de aprendizaje basadas en la investigación y la innovación, promoviendo la participación de los alumnos en proyectos que refuerzan los atributos y las competencias de sostenibilidad en su formación ingenieril, así como su motivación y grado de involucramiento en la solución de los problemas (Martínez et al., 2012). El compromiso de sus profesores por lograr una sociedad sostenible

ha quedado plasmado en la Declaración de Sostenibilidad aprobada por su claustro en febrero de 2008, que fortalece el «Plan UPC Sostenible 2015», en el cual se establece como resultado estratégico convertirse en un referente tecnológico clave del desarrollo sostenible a diferentes escalas (Pomeroy et al., 2009).

La Universidad de Tecnología de Delft (DUT) ha considerado el enfoque de la sostenibilidad en la enseñanza de las ingenierías de una manera singular, comenzando por el diseño y la implementación de un curso dirigido a todos sus estudiantes, denominado *Tecnología para el Desarrollo Sostenible*; continuando con la introducción de la dimensión de la sostenibilidad en todas las disciplinas regulares que se imparten, de forma tal que exista una transversalidad con los contenidos propios y específicos de cada asignatura o curso; y finalmente, dejando abierta la posibilidad para cada estudiante de alcanzar una especialización en desarrollo sostenible al graduarse con el plan básico de su facultad (Kamp, 2006).

Por su parte, la Universidad Tecnológica de Sydney involucra a sus estudiantes con la sostenibilidad mediante el ejercicio de una discusión inicial sobre su futura profesión, combinando paulatinamente el vínculo entre sostenibilidad y los problemas técnicos asociados a la rama en cuestión, considerando además la dimensión ética para la adopción de decisiones ingenieriles y su estrecho vínculo con los impactos sociales (Bryce et al., 2004).

La búsqueda de soluciones viables para los problemas de sostenibilidad que se presentan ante las universidades técnicas requiere, tal y como ha sido analizado, de un enfoque integrador y holístico, que haga uso de todo el conocimiento acumulado y de las tecnologías apropiadas y amigables con la naturaleza. Las temáticas de investigación más generales abordan aspectos relacionados con las energías renovables, el cambio climático, la eficiencia energética, los recursos naturales renovables, la eliminación o mitigación de la contaminación, la producción más limpia, la productividad de los ecosistemas, el ciclo de vida de los productos, el aprovechamiento de todo tipo de residuo, la reducción de los consumos, la sustitución de productos contaminantes por otros amigables con el ambiente, el desarrollo de tecnologías de información y comunicaciones para el estudio y vigilancia de los ecosistemas, entre otras.

En este escenario, la investigación científica universitaria no ha de verse como un proceso sustantivo aislado, sino en una fuerte sinergia con la enseñanza de pregrado y posgrado así como con la extensión universitaria. El diseño de las modalidades para el posgrado se debe basar en la identificación de las necesidades de aprendizaje para la sostenibilidad, en función de los problemas locales y globales determinados, que se manifiestan durante el ejercicio de la actividad ingenieril. Por otra parte, la extensión universitaria, entendida como la proyección de la universidad hacia la sociedad, requiere de un nuevo enfoque que adquiera

la dimensión de la sostenibilidad, con vistas a encontrar solución, con todo el potencial universitario, a los problemas de sostenibilidad que la misma enfrenta.

De lo anterior se desprende que los problemas de la sostenibilidad constituyen la base, sólida e imprescindible, sobre la cual se levantan, en forma armónica, los diferentes procesos sustantivos de la universidad: la formación del profesional, la investigación científica, la enseñanza de posgrado y la extensión universitaria, en la búsqueda de la sostenibilidad. Es por ello, que la identificación y explicación de los problemas de la sostenibilidad constituye un eslabón primordial en todo este empeño universitario por alcanzar la sostenibilidad.

6. Cuba: ingeniería y sostenibilidad

Los estudios de ingeniería comienzan en Cuba en los mismos inicios del siglo XX, al crearse oficialmente en la Facultad de Letras y Ciencias de la Universidad de La Habana, el 1º de octubre de 1900, la Escuela de Ingenieros, Electricistas y Arquitectos, por iniciativa del insigne pedagogo Enrique José Varona, entonces Secretario de Instrucción Pública, bajo el amparo de la orden militar número 266 del 30 de junio del propio año, emitida por el Gobernador General de Cuba, Mayor General Leonard Wood (Rodríguez Rodríguez, 2012).

La nueva institución se ubicó inicialmente en las instalaciones de la Escuela Profesional de La Habana, en la calle Cuba entre Amargura y Teniente Rey, siendo trasladada el 7 de mayo de 1902 a la colina de la Pirotecnia Militar Española de La Habana, en la que se establece posteriormente la Universidad de La Habana. En 1925 se convierte en Escuela de Ingenieros y Arquitectos, continuando dentro de la Facultad de Letras y Ciencias, y para 1937 se transforma en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, al ser promulgada la ley docente por la que se crean doce Facultades en la Universidad de La Habana, así surge con nuevos programas para Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica y Arquitectura, los cuales se mantuvieron vigentes con ligeras modificaciones hasta 1960 (Rodríguez Rodríguez, 2012).

Bajo la influencia de la Constitución de 1940, comienza un proceso de creación de nuevas universidades públicas y privadas, así surgen la Universidad de Oriente en 1949 y la Universidad Central de Las Villas en 1952, entre las primeras, las que permanecen vigentes con posterioridad al triunfo revolucionario de 1959, en tanto el grupo de universidades privadas, creadas principalmente para contrarrestar la influencia política de las tres universidades públicas, quedan extinguidas mediante la Ley No. 11 de enero de 1959. Este instrumento jurídico crea las bases para emprender, en 1962, una verdadera reforma universitaria en el país, así como para iniciar una nueva etapa de los estudios de ingeniería en Cuba, con mayor calidad y pertinencia social. La naciente Facultad de Tecnología de la

Universidad de La Habana ampliaría desde entonces sus perfiles profesionales a incorporar los estudios de ingeniería química, industrial y mecánica, a los existentes de civil, eléctrica y arquitectura.

Desde mediados de la década de los años 60 y a lo largo de toda la década del 70 del pasado siglo, se expanden los estudios de ingeniería hacia el resto de las universidades del país, y particularmente con la creación en 1976 del Ministerio de Educación Superior (MES), se conforma la red de centros universitarios, que posibilita la creación de nuevas instituciones y fortalece los planes y programas de estudios de todas las ingenierías, facilitando incluso la apertura de nuevos perfiles para las ciencias técnicas como geofísica, geología, minería, metalurgia, hidráulica, telecomunicaciones, electrónica e informática.

En la actualidad la red de centros de educación superior de la República de Cuba está conformada por 67 instituciones en las que se estudian 104 carreras, todas basadas en un modelo de perfil amplio; contando con un claustro que supera los 77 mil profesores, de ellos 54 mil a tiempo completo. En el período revolucionario se han graduado más de un millón de profesionales, de los cuales más de 35 mil son extranjeros (Alarcón Ortiz, 2013).

Los planes de estudios de todas las carreras, incluidas las de ingeniería, han ido elaborándose en función de los principales objetivos vinculados a los contenidos y los perfiles de actuación de los egresados, tomando en consideración el contexto nacional e internacional, y logrando cada vez más acercarse a un modelo del profesional más completo e integrador y que elimine las deficiencias presentadas en los planes anteriores. Un importante ciclo de calidad y de perfeccionamiento continuo de los planes de estudios tiene lugar a partir de la constitución del MES en 1976, de manera que al curso siguiente, 1977-1978 se inicia, bajo nuevos conceptos, el denominado Plan A para todas las carreras universitarias, transcurriendo sucesivamente un mejoramiento por medio del Plan B en el curso 1982-1983, el Plan C en 1990-1991, el Plan C' en 1999-2000 y el vigente Plan D en el curso 2007-2008.

En la actualidad, las carreras de ingeniería que se cursan en Cuba, en correspondencia con los principios contemplados en el Plan D, tienen como propósito formar un profesional con un amplio conocimiento y un adecuado sistema de habilidades, todo ello basado en una fuerte preparación en las disciplinas básicas (Matemática, Física, Química) y de ingeniería, así como el manejo de importantes herramientas informáticas, que le posibilitan encontrar soluciones a los más variados problemas de que se le presentan en su campo de trabajo. En consecuencia, cada graduado de ingeniería está en capacidad de proyectar, planificar, gestionar y ejecutar proyectos dirigidos a la implementación de esas soluciones en la práctica de su profesión.

A partir de la implementación del nuevo Plan de Estudios D se diseñan y comienzan a aplicarse diferentes estrategias curriculares dirigidas a encontrar las vías adecuadas para lograr una formación integral de los ingenieros, entre ellas se tienen el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, el idioma inglés, la pedagogía, la dimensión ambiental, la dimensión económica, la preparación jurídica y la historia de Cuba.

La estrategia curricular ambiental pretende garantizar el ejercicio de cada carrera de ingeniería de forma consciente y sostenible, partiendo del conocimiento de las principales regulaciones y leyes que existen en el país, así como de la Estrategia Nacional Ambiental (EAN) que coordina el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, como un sistema integral enfocado a la protección y conservación del medio ambiente, y basándose en los resultados alcanzados por las mejores experiencias docentes precedentes en materia ambiental.

Los principales documentos ambientales a considerar en la elaboración de la Estrategia Curricular Ambiental para los Planes de Estudios D de ingeniería son:

- Legislación ambiental, particularmente la Ley 81 del Medio Ambiente.
- Estrategia Ambiental Nacional.
- Política Ambiental Internacional.
- Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Licencia ambiental.
- Inspección ambiental estatal.
- Instrumentos de regulación económica ambiental.
- Indicadores ambientales para la toma de decisiones.
- Sistemas de normas cubanas para la protección ambiental.
- Lineamientos sobre las situaciones de desastres en el país.
- Ordenamiento ambiental.
- Investigación científica e innovación tecnológica en la esfera ambiental.
- Educación y divulgación ambiental.

La introducción de la dimensión ambiental en las carreras de ingeniería se lleva a cabo mediante la aplicación e interpretación de los conocimientos impartidos por las diferentes asignaturas, así como por los contenidos comprendidos en los componentes laboral e investigativo de cada carrera. Para ello se hace uso de las disciplinas integradoras, las prácticas de estudios y laborales, los proyectos de curso y los trabajos de diplomas, integrando la dimensión ambiental con los contenidos específicos de la carrera y vinculándolos con los componentes económico y social, con vistas a propiciar la sostenibilidad del país. Además son considerados otros

espacios extracurriculares para la aplicación de la dimensión ambiental como son las Jornadas Científicas Estudiantiles, los Seminarios Martianos, los Foros de Ciencia y Técnica, el Foro de Historia y las Cátedras Honoríficas.

La Estrategia Curricular Ambiental debe lograr que el egresado de una carrera de ingeniería esté preparado para proponer y ejecutar soluciones técnicamente viables que consideren, entre otras, a las variables ambientales, de forma que su actuación ingenieril sea sostenible. Sin embargo, en la práctica aún no se logra este crucial objetivo. Varios son los factores que inciden en ello, entre los que se destacan la ausencia de la identificación y análisis de los problemas de sostenibilidad vinculados a la rama de la ingeniería en cuestión, así como la falta de una visión integradora y holística para obtener y poner en práctica las soluciones ingenieriles sostenibles en cada caso. Esto conduce a la revisión profunda de los modelos de profesional que están definidos para cada carrera de ingeniería y la obligada conciliación con los problemas de sostenibilidad analizados, de manera que se logre la incorporación de las actuaciones pertinentes para materializar su contribución a la sostenibilidad del país en la rama en cuestión. El análisis, por tanto, tiene que comenzar en la concepción inicial del plan de estudios, bajo un nuevo paradigma o modelo, lo que desde ya, significará una nueva fase de desarrollo, es decir, el nuevo Plan de Estudios E, en el cual la estrategia curricular será entonces de sostenibilidad, basada en un nuevo modelo del profesional.

En el contexto actual del país, la formación integral de los ingenieros aún dista de estar en un nivel óptimo, como ha sido reconocido por el MES mediante la aprobación, en agosto de 2013, del documento sobre el perfeccionamiento del sistema de gestión del proceso de formación integral de los estudiantes universitarios (MES, 2013), basado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2011). Para ello consideró, como objetivo general: *Perfeccionar el sistema de gestión del proceso de formación integral de los estudiantes universitarios en el eslabón de base.*

A este importante documento ministerial se arriba luego de realizar un profundo diagnóstico de la situación que presentaba el sistema de gestión del proceso de formación integral en la base, el cual reveló las insuficiencias en la educación en los valores, en la ejecución y proyección de la política económica y social de la Revolución Cubana, lo cual exigía la adopción de un conjunto de acciones dirigidas esencialmente al fortalecimiento del claustro de profesores y la jerarquización de las estructuras de base (departamentos y colectivos docentes), así como a la promoción y facilitación de la participación consciente y sistemática de los estudiantes en la solución de los problemas de su entorno más inmediato, de la universidad, del territorio y del país.

Los problemas del entorno son justamente los problemas de sostenibilidad que se vinculan a las diferentes carreras de ingeniería. En febrero de 2012, el entonces Ministro de Educación Superior (Díaz-Canel Bermúdez, 2012), analizando el papel a desempeñar por la comunidad universitaria cubana en cuanto a las acciones e iniciativas de sostenibilidad, reflejaba que no era suficiente comprender y apoyar las políticas de respeto y protección ambiental, sino que se requería un papel más proactivo por parte de todas las instituciones de educación superior, asegurando su participación sistemática y creciente en investigaciones y proyectos que garanticen la obtención de resultados tangibles en la seguridad alimentaria, en la gestión de los recursos hídricos, en la sostenibilidad energética, en la mitigación de los efectos del cambio climático, en la gestión sostenible de los riesgos de desastres naturales, entre otros.

Los análisis efectuados sobre el desarrollo sostenible en Cuba (Gómez Gutiérrez y Gómez Sal, 2013) brindan una valiosa línea base en áreas claves para evaluar su comportamiento ulterior y el avance hacia la sostenibilidad, colocando la mirada en el futuro, mediante metas concretas y medibles, acotando los problemas y aportando soluciones específicas. La valoración de los problemas del país en las dimensiones ecológica-ambiental, social y económica, así como en áreas tan importantes como la industria, la agricultura, la energía y el patrimonio natural favorecen un acercamiento real para identificar los problemas de sostenibilidad determinados para cada ingeniería, posibilitando de esa forma su contribución al desarrollo sostenible del país.

7. Conclusiones

La continuidad de la vida en la Tierra requiere de un nuevo enfoque de desarrollo, en el que se logre una armonía funcional entre los sistemas naturales, los productivos y los sociales. En este propósito un papel esencial lo desempeñan las acciones tecnológicas derivadas del ejercicio de las diferentes carreras de las Ciencias Técnicas, sin perder de vista que lo natural impone límites físicos concretos al crecimiento económico y al desarrollo social.

El progreso de la humanidad se ha nutrido de los aportes del conocimiento científico y tecnológico, en los que las ingenierías han jugado y juegan un papel esencial. En forma simultánea se ha producido un acelerado deterioro de los sistemas naturales del planeta, provocando impactos severos y peligrosos para la vida y la salud. Ello exige de las instituciones universitarias un cambio de paradigma en la formación de sus ingenieros, conducente a una actuación profesional consciente y consecuente con los problemas del desarrollo sostenible que afronta cada país y región. Es un imperativo instrumentar e implementar las diez

exigencias de la sostenibilidad para las ingenierías, y ello debe lograrse desde la formación universitaria. Para ello habrá que entender y explicar la sostenibilidad, y luego transformar a la sociedad mediante la solución de los problemas de sostenibilidad que han sido analizados e interiorizadas.

Cuba ha logrado consolidar la formación de sus ingenieros mediante un proceso continuo de perfeccionamiento de los planes y programas de estudios. El Plan de Estudios D para las ingenierías ha constituido una etapa crucial al integrar diferentes estrategias curriculares encaminadas a la formación integral del egresado. Particular importancia en lograr el paradigma de sostenibilidad tiene la Estrategia Curricular Ambiental, la cual debe ser perfeccionada a partir de un enfoque más integrador, basado en un nuevo modelo del profesional que incorpore las acciones ingenieriles de sostenibilidad en función de los problemas identificados y analizados. Esta será una tarea imprescindible para la construcción de la próxima etapa de perfeccionamiento mediante la elaboración del Plan de Estudios E.

8. Referencias

- Alarcón Ortiz, R. (2013). *La calidad de la educación superior cubana: retos contemporáneos*. Conferencia magistral pronunciada en el evento PEDAGOGÍA 2013, el 6 de febrero de 2013. Palacio de Convenciones de La Habana. Editorial Félix Varela, 10 pp.
- Brundtland, G. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Recapitulación de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (pp. 21-52). En Universidad para la Paz et al, 2002. *La Cumbre de la Tierra, ECO92, Visiones diferentes*. 2ª edición, 454 pp.
- Bryce, P., Johnston, S., & Yasukawa, K. (2004). Implementing a program in sustainability for engineers at University of Technology, Sydney: a story of intersecting agendas. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5(3), pp. 267-77.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería-Argentina (CONFEDI) (2010). La formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible. Congreso Mundial de Ingeniería 2010. Buenos Aires, 17 al 19 de octubre de 2010. Recuperado el 29 de mayo de 2014, de <http://www.utn.edu.ar/download.aspx?idFile=20104>
- Desha, C. (2010). An investigation into the strategic application and acceleration of curriculum renewal in engineering education for sustainable development. Submitted in fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy. Griffith University, Australia. 290 pp. Recuperado el 15 de abril de 2015, de https://www120.secure.griffith.edu.au/rch/file/c723a9b3-8869-a011-c036-c80468264c1c/1/Desha_2010_02Thesis.pdf.

- Díaz-Canel Bermúdez, M. (2012) *La universidad y el desarrollo sostenible: una visión desde Cuba*. Conferencia inaugural del 8º Congreso Internacional de Educación Superior, el 13 de febrero de 2012. La Habana, teatro Karl Marx, 24 pp.
- Díaz Duque, J. A., y Gómez Sal, A. (2013). El problema de las dimensiones del desarrollo sostenible. En Gómez Gutiérrez, C. y Gómez Sal, A. (Coords.), *Referencias para un Análisis del Desarrollo Sostenible* (pp. 25-32). Universidad de Alcalá, 200 pp. ISBN: 978-84-15595-86-1.
- Gómez Gutiérrez, C., y Gómez Sal, A. (Coords.). (2013). *Reflexiones sobre el desarrollo sostenible en Cuba: una mirada desde el mundo académico*. Universidad de Alcalá, 191 pp. ISBN: 978-84-15834-13-7.
- Gómez Gutiérrez, C., y Díaz Duque, J. A. (2013). Origen del Concepto de Desarrollo Sostenible. En Gómez Gutiérrez, C. y Gómez Sal, A. (Coords.), *Referencias para un Análisis del Desarrollo Sostenible* (pp. 7-16). Universidad de Alcalá, 200 pp. ISBN: 978-84-15595-86-1.
- Gómez Gutiérrez, C., y Gómez Sal, A. (2013) El debate internacional posterior sobre el desarrollo sostenible,. En Gómez Gutiérrez, C. y Gómez Sal, A. (Coords.), *Referencias para un Análisis del Desarrollo Sostenible* (pp. 17-23). Universidad de Alcalá, 200 pp. ISBN: 978-84-15595-86-1.
- Instituto de la Ingeniería de España (IIE) (2005). Manifiesto de la Ingeniería Española por el Desarrollo Sostenible. Centenario del Instituto de la Ingeniería en España 1905-2005. Recuperado el 12 de mayo de 2014, de <http://www.iies.es/docs/CIDES/manifiesto.pdf>
- Jordán, R., y Simioni, D. (2003). *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, 252 pp. ISBN: 92-1-322224-6.
- Kamp, L. (2006). Engineering education in sustainable development at Delft University of Technology. *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 928-931.
- Martínez, M., Amante, B., & Cadenato, A. (2012). Competency assessment in engineering courses at the Universitat Politècnica de Catalunya in Spain. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 10(1), pp. 46-52.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W.W. (1972). *The Limits to Growth: a Report for the Club of Rome 's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books. ISBN 0876631650.
- Ministerio de Educación Superior (MES) (2013). *Perfeccionamiento del sistema de gestión del proceso de formación integral de los estudiantes universitarios en el eslabón de base*. Documento aprobado por el Consejo de Dirección del MES, celebrado el 30 de agosto de 2013. La Habana: Editorial Félix Varela, 23 pp.

- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Madrid: Siglo XXI de España Editores S. A., 271 pp. ISBN 10:84-323-1245-2.
- Naredo, J. M., y Parra, F. (1993). Presentación. En Naredo J.M. y Parra F. (Comps.). *Hacia una ciencia de los recursos naturales* (pp. XI-XIX). Madrid: Siglo XXI de España Editores S. A., 335 pp. ISBN 84-323-0792-0.
- National Academy of Engineering (2008). *Grand Challenges for Engineering*. National Academy of Sciences, 56 pp. Recuperado el 8 de junio de 2014, de <http://www.engineeringchallenges.org/Object.File/Master/11/574/Grand%20Challenges%20final%20book.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. *Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano*, 1972, 7 pp.
- Partido Comunista de Cuba (PCC). (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. Documento aprobado por el VI Congreso del PCC el 18 de abril de 2011. La Habana, 38 pp.
- PNUD (2010). Informe sobre Desarrollo Humano 2010. Edición del Vigésimo Aniversario. La verdadera riqueza de las naciones: Caminos al desarrollo humano. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Nueva York, 262 pp. ISBN: 978-84-8476-403-8.
- Pomeroy, M., Barros, G., Esteban, F., García, J., García, D., Miralles, R., Navallas, F. J., y Pujades, M. (2009). *Proyecto IPSO: Síntesis de experiencias de incentivos en sostenibilidad*. 15 pp. Recuperado el 15 de abril de 2015, de <http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/9284/1/09UPC%20completer%20UPC-SOST%20barcelona%20IPSO%20REV090731.pdf>
- Rodríguez Rodríguez, L. C. (2012). *Reseña histórica de los estudios de Ingeniería Civil en Cuba*. Recuperado el 18 de abril de 2014, de <http://cujae.edu.cu/civil/resena-historica-de-los-estudios-de-ingenieria-civil-en-cuba>
- Segalás Coral, J. (2009). *Engineering education for a sustainable future*. (PhD Dissertation). Universitat Politècnica de Catalunya, Càtedra UNESCO de Sostenibilitat, Barcelona, 402 pp. Recuperado el 15 de abril de 2015, de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5926/TJSC.pdf;jsessionid=7462388507E6F1F86B82FDFDA6705E5C.tdx1?sequence=1>
- The Royal Academy of Engineering (RAENG) (2005). *Engineering for Sustainable Development: Guiding Principles*. Recuperado el 1º de junio de 2014, en http://rpd-mohesr.com/uploads/custompages/Engineering_for_Sustainable_Development.pdf