

# A.1

## La necesidad del ingeniero global

1. Las dimensiones globales en la educación para la ingeniería
2. Ciencia, tecnología, innovación y sociedad
3. Tecnología y necesidades humanas básicas
4. Perspectivas profesionales e internacionales de la ingeniería: el caso de la energía
5. Ética profesional y responsabilidad social de los ingenieros



# A.1 La necesidad del ingeniero global

## EDICIÓN:

Global Dimension in Engineering Education

DL B 22762-2014 (I)  
ISBN 978-84-697-1472-0

## COORDINACIÓN DE LA AUTORÍA:

**Agustí Pérez-Foguet y Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)  
**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)  
**Alejandra Boni y Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)  
**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)  
**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

Esta publicación está distribuida bajo una licencia Reconocimiento -No comercial- Compartir Igual de Creative Commons



## COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)  
**Jaime Moreno y Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)  
**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de València*)  
**Angela Cordeiro y Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)  
**Emily Mattiussi, Sylvia Roberge y Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Citación: GDEE (eds.) 2014, La necesidad del ingeniero global, Global Dimension in Engineering Education, Barcelona.  
Disponible en: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Portada: 'Wind power installation'. Estudiantes españoles y peruanos instalan una torre de comunicación en Cuzco, Perú. Foto: ONGAWA

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo financiero de la Unión Europea y de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Forma parte del programa [www.compromisoydesarrollo.org](http://www.compromisoydesarrollo.org), financiado por AECID y ejecutado por ONGAWA - Ingeniería para el Desarrollo Humano. El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente la opinión de las entidades financiadoras



FOTO: Practical Action.

# 1

CAPÍTULO

## Las dimensiones globales en la educación para la ingeniería

A.1

La necesidad del ingeniero global

# 1

## CAPÍTULO 1. Las dimensiones globales en la educación para la ingeniería

### EDICIÓN:

Global Dimension in Engineering Education

### COORDINACIÓN DE LA AUTORÍA:

**Agustí Pérez-Foguet y Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Alejandra Boni y Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)

**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)

**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

Esta publicación está distribuida bajo una licencia Reconocimiento -No comercial- Compartir Igual de Creative Commons



### COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Jaime Moreno y Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de València*)

**Angela Cordeiro y Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)

**Emily Mattiussi, Sylvia Roberge y Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Citación: Bourn, D. (2014) 'Las dimensiones globales en la educación para la ingeniería', en *La necesidad del ingeniero global*, GDEE (eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona. Disponible en: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo financiero de la Unión Europea y de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Forma parte del programa [www.compromisoydesarrollo.org](http://www.compromisoydesarrollo.org), financiado por AECID y ejecutado por ONGAWA - Ingeniería para el Desarrollo Humano. El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente la opinión de las entidades financiadoras

# 1

# LAS DIMENSIONES GLOBALES EN LA EDUCACIÓN PARA LA INGENIERÍA

**Douglas Bourn**, Director del Development Education Research Centre (Centro de Investigación en Educación para el Desarrollo), Institute of Education, University of London.

## RESUMEN EJECUTIVO

Este módulo aborda las oportunidades y desafíos que presenta la dimensión global para la educación en ingeniería y la sitúa en debates más amplios sobre el papel cambiante de los centros de enseñanza superior en el contexto de la sociedad globalizada y las necesidades de capacitación del siglo veintiuno. Evalúa cómo ha respondido la comunidad de educadores en ingeniería a las cuestiones de la dimensión global, y sugiere un marco conceptual potencial para el Ingeniero Global que podría constituir la base para el desarrollo curricular en esta área. Ante todo, sugiere que el concepto de “Ingeniero Global” necesita un debate y un análisis mucho más amplios, y que un buen punto de partida para académicos y estudiantes debería ser discutir y determinar cuáles son las necesidades de capacitación, el creciente conocimiento que se precisa y la base de valores con que contribuir a hacer del mundo un lugar mejor.

## RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Tras haber participado activamente en las experiencias de aprendizaje de este módulo lectivo, deberías ser capaz de:

- Visualizar las cuestiones sociales y éticas de la ingeniería.
- Consolidar un marco conceptual para el Ingeniero Global.
- Identificar las habilidades de un Ingeniero Global.
- Comprender las oportunidades y los desafíos de la educación en ingeniería.

## CONCEPTOS CLAVE

Estos conceptos te ayudarán a una mejor comprensión del contenido de este módulo:

- Globalización e ingeniería.
- Relevancia de la Justicia Social.
- Comprensión del papel del Poder y la Desigualdad en el Desarrollo así como DE su relación con la ingeniería.
- Pensamiento crítico, diálogo y aprendizaje transformador.

## PREGUNTAS ORIENTATIVAS

Desarrolla tus respuestas a las siguientes preguntas orientativas mientras realizas las lecturas y progresas con el módulo:

- ¿Cuál es la relación entre la globalización y las necesidades de capacitación de hoy en día y en un futuro previsible?
- ¿En qué grado piensas que los estudiantes de ingeniería son generalmente receptivos a reflexionar sobre el significado del ingeniero global? ¿Cómo podemos promover un debate más amplio de estos temas en nuestro departamento o facultad?
- Identifica un ejemplo de tu propio aprendizaje y experiencia de la ingeniería, en un amplio sentido, que plantee cuestiones relevantes para los temas presentados en este módulo.
- ¿Cómo ordenarías por orden de importancia los 4 conceptos esbozados en este módulo: perspectiva global, poder y desigualdad, creencia en la justicia social, y reflexión crítica y diálogo? Razona tu respuesta.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería es una profesión global. Podría argumentarse que no solamente son similares el conocimiento y las destrezas requeridas independientemente de donde estés trabajando en el mundo, sino que muchos ingenieros bien podrían trabajar en una amplia gama de países y culturas a lo largo de sus carreras. Lo que ha cambiado, sin embargo, en las dos pasadas décadas, es que ha habido un creciente reconocimiento de las cuestiones sociales y éticas dentro de la ingeniería, y que la globalización ha tenido un impacto directo en la profesión y en las necesidades de las economías de todo el mundo.

Si bien la sociedad está globalizada y surgen temas y tendencias comunes alrededor del mundo, se ignoran muy fácilmente su naturaleza compleja, la influencia de las políticas internacionales, el papel de las fuerzas económicas y las diversas formas en que las culturas y comunidades responden en estos tiempos cambiantes. Convertirse en ingeniero en el mundo globalizado de hoy significa por tanto no solamente aprender acerca de diferentes influencias sociales, económicas y culturales, sino también sobre cómo se forma este entendimiento y el impacto que tiene en la propia base de los valores de un individuo.

## GLOBALIZACIÓN Y EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

A medida que ha aumentado la complejidad social y cultural de las sociedades en respuesta a la globalización y dado que las necesidades de capacitación cambian continuamente, las universidades se han visto forzadas a adaptarse y repensar el contenido de sus cursos. En muchas universidades del mundo el cuerpo estudiantil es hoy en día mucho más internacional y diverso incluso que hace una década. Por encima de todo, las universidades se han visto obligadas a operar como cualquier otra institución de una sociedad capitalista teniendo que competir en un mercado global (Unterhalter y Carpentier, 2010). Una consecuencia de estos cambios ha sido el reconocimiento por parte de muchas universidades de la necesidad de fomentar que sus graduados se vean como ciudadanos de un mundo globalizado, y de que tener una cierta perspectiva del mundo podría ayudar a los estudiantes a asegurarse un empleo remunerado (Schattle, 2008; Stearns, 2009).

Las universidades también han reconocido que necesitan promover un sentido de la responsabilidad social global. El ejemplo más obvio de esto ha sido el surgimiento de políticas e iniciativas, a nivel nacional e internacional, dentro de la educación superior en desarrollo sostenible (Gough y Scott, 2007).

La ingeniería es directamente relevante en cuestiones que conciernen al medio ambiente y el desarrollo humano, pudiendo estos temas ser (y siendo en muchas universidades) líderes en demostrar la relevancia económica y social de la disciplina (Bourn y Neal, 2008).

La globalización ha tenido también un impacto en la forma y la naturaleza del aprendizaje. Los estudiantes pueden tener ahora acceso instantáneo a la información y el conocimiento. Las universidades, siendo más diversas culturalmente, se plantean asuntos y dudas acerca del contenido de los cursos. Estas tendencias tienen consecuencias en el qué, dónde y cómo aprenden los estudiantes (Beck, 2000, p.138). Parte de la dialéctica de la globalización, sugiere Beck, es que reemplaza “sociedades de instrucción tradicional por atención dialógica y valor para discrepar - la gente empieza a darse cuenta de la transnacionalización de la educación y los currícula anodinos -“ (Ibid, p. 138).

Beck indica que la globalización también ha alentado el fomento de la sociedad de conocimiento con un mayor enfoque en la capacitación y la formación pero haciendo énfasis en las “competencias blandas”. Éstas implican áreas tales como “habilidad de trabajar en grupo, resolución de conflictos, comprensión de otras culturas, pensamiento integrado y la capacidad de gestionar las incertidumbres y paradojas de la segunda modernidad” (Beck, 2000, P. 137-8).

Para la educación en ingeniería, estos temas plantean preguntas importantes sobre hasta qué punto los cursos de grado deberían incluir elementos que aborden cuestiones sociales tales como el impacto del cambio climático y la pobreza global. Pero también alienta al replanteamiento de cómo tiene lugar el aprendizaje y en qué medida los problemas deben plantearse en formas más abiertas en lugar de en términos de soluciones y respuestas simples.

Una respuesta tradicional de las escuelas de ingeniería ha sido que la ingeniería, a través de la tecnología, puede encontrar soluciones a problemas sociales. Este enfoque asume que existe una solución que puede ser hallada, y no tiene en cuenta la necesidad de entender cuál es el problema. Una solución tecnológica particular para combatir la pobreza global (por ejemplo) puede que no sea la respuesta más apropiada debido a que no tenga en cuenta las perspectivas y puntos de vista de la gente afectada y sus propias culturas.

La mayoría de las respuestas académicas al desafío de la globalización en la ingeniería han tendido a expresarse en términos de competencias requeridas para competir en un mercado internacional de know-how de ingeniería. Esto ha incluido conocimiento de otros idiomas, desarrollo de habilidades interculturales y trabajar en equipos de forma más efectiva (Ferner y col, 2005).

Lo que estos enfoques no abordan es el papel de la ingeniería en la economía global y lo que implica el “ingeniero global”. Se sugiere en este capítulo que la educación en ingeniería en el contexto de una sociedad global, por tanto, necesita ser repensada. Aunque es de utilidad aprender soluciones de ingeniería aplicables en todo el mundo, lo que debe considerarse en los cursos de grado es el proceso de aprendizaje de las relaciones entre

los problemas y temas globales y la ingeniería, y el impacto que esto tiene en el ingeniero titulado.

## REPENSAR EL CURRÍCULUM EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Universidades de todo el mundo han comenzado a reconocer que el impacto de la globalización es tanto pedagógico como económico, social y cultural. A través de estrategias bajo el lema de “internacionalización”, se ha creado un debate en aumento y se han puesto en marcha políticas y prácticas que han empezado a considerar los procesos de aprendizaje. En una revisión de estas políticas realizada por Caruana y Spurling (2007) se indica que los cambios requieren nuevas formas de pensar y nuevas actitudes, y una pedagogía con dimensiones sociales, culturales, morales y éticas.

Las manifestaciones de estas políticas y programas han incluido el intercambio de conocimiento a través de la movilidad de personal y estudiantes, así como la voluntad de aprender de otras naciones y culturas, y de reconocer que hay más de una manera de enseñar una materia (Knight, 2004).

Dentro de la educación en ingeniería hay algunos ejemplos de cambios en enfoques y contenido curricular, en particular en University College of London e involucrando a organizaciones tales como Engineers Without Borders (Ingenieros Sin Fronteras). A pesar de ello, incluso cuando se han dado ejemplos de asociaciones internacionales entre departamentos de ingeniería, la atención ha tendido a recaer siempre en la institución rica del norte, y en proporcionar al cuerpo estudiantil una “experiencia” que incluye voluntariado en un país más pobre localizado en el Sur Global.

Un área que ha brindado oportunidades para repensar el currículum ha sido el desarrollo sostenible, hoy en día reconocida como un componente importante de los cursos de grado en ingeniería y de políticas universitarias de más amplio alcance (ver Guerra, 2012).

## DEMANDAS DE LOS ESTUDIANTES

Existen evidencias de que los estudiantes han aportado contribuciones importantes en aquellas universidades donde se han producido cambios en términos de repensar el contenido y la forma de los cursos de grado en ingeniería. Esto se ha debido en una gran parte a la labor de Engineers Without Borders y sus grupos del Reino Unido y otros países, principalmente Canadá y Australia (Smith, Brown, Blackhall y O’Shea, 2010).

Las investigaciones llevadas a cabo con estudiantes de ingeniería en Irlanda mostraron que percibían la dimensión Global no solamente como un aspecto relevante, sino que

contribuiría a hacer un curso más interesante. Tal y como uno de los estudiantes dijo “introducir en el currículum la ingeniería Global haría más importante el aprendizaje activo y por tanto más interesante el aprendizaje del curso” (Bourn, 2009).

Las investigaciones llevadas a cabo con estudiantes de ingeniería en el Reino Unido dieron como resultado una evidencia similar:

*“Los ingenieros deberían comprender que como grupo, tienen un enorme impacto global en el uso de recursos, la contaminación y el medioambiente. Los ingenieros que entiendan esto estarán más predispuestos a obedecer la nueva legislación y crear edificios de mayor calidad.*

*Los Ingenieros graduados que apoyen un cambio mundial positivo y entiendan la repercusión de sus decisiones de ingeniería, serán capaces de marcar la diferencia y estar más motivados en su trabajo” (Bourn y Sharma, 2008, p. 200).*

Un tema surgido de las investigaciones de Northumbria University del Reino Unido fue el de las oportunidades que estas áreas ofrecen de aplicar una amplia gama de enfoques curriculares y metodologías que incluyen no solo clases y seminarios, sino también ubicaciones, módulos de diseño y una relación más cercana con la experiencia práctica. La importancia de las experiencias prácticas y de “vida real” fue subrayada como un tema importante en el diálogo con los estudiantes. En general, los estudiantes implicados en la investigación de Northumbria sintieron que “el ingeniero global necesitaba ser un multialfabetizado todoterreno que puede ser multilingüe, diverso culturalmente y al tanto de diferentes unidades aplicacionales” (Montgomery y col, 2011, p 4).

Estas demandas de cambios son el reflejo de debates más generales que tienen lugar en la educación superior donde los estudiantes están exigiendo un currículum más relevante para las necesidades de una sociedad global que también incluye un reconocimiento de su posible contribución a un mundo más justo y sostenible.

“La conciencia del mundo ha incrementado la curiosidad de los estudiantes acerca de su papel en la sociedad global. Viajan alrededor del mundo, absorben noticias de todo el mundo y se comunican con gente de todo el mundo. A menos que los estudiantes encuentren por sí mismos papeles que desempeñar, existe un riesgo de marginación o desilusión: que son conscientes de los problemas globales pero no hacen nada al respecto.” (Lamb, Roberts, Kernish y Bennett, 2007; 17).

## RESPUESTAS ACADÉMICAS

Las formas en que los académicos universitarios han respondido a estos cambiantes desafíos globales han variado en función de la naturaleza de la institución, la composición social y cultural de los departamentos, y las cuestiones que plantean estas tendencias en términos de libertad académica y preocupación por un cambio social en sentido más amplio.

A pesar de que proyectos tales como Engineers Against Poverty's Global Dimension to Engineering Education (Dimensión Global de la Ingeniería, de Ingenieros Contra la Pobreza) en Reino Unido mostraron evidencias de innovación y creatividad, hubo aún resistencia y dificultad en ganar más amplio apoyo por parte del departamento y de la facultad. Los ejemplos solían a menudo estar liderados por el entusiasta y sólo donde existía apoyo de la alta dirección las asignaturas fueron repensadas. La tendencia era de ejemplos centrados en proyectos y poco contenido adicional, más que repensar el propósito de las asignaturas de grado.

Estos hechos reflejan otros estudios realizados entre académicos que cuestionaban enfoques más interdisciplinarios y querían mantener el enfoque en habilidades técnicas. Donde existía el reconocimiento de la necesidad de enfoques más amplios que incluyesen temas tales como desarrollo sostenible, tendían a cubrirse más bien en los años cuarto y final de las carreras.

Se ha producido un reconocimiento de la necesidad de cambio no solamente del contenido sino también de los métodos y enfoques de la enseñanza, sin embargo, la evidencia sugiere que el obstáculo está más relacionado con una falta de confianza y pericia en distintos enfoques pedagógicos. El juego de rol, los modelos de simulación y la enseñanza crítica han sido reconocidos como valiosos por muchos académicos, pero tal y como indicó un alto académico de la ingeniería del Reino Unido, aún muchos ven estos enfoques como un "reto" (Bourn y Sharma, 2008).

El mismo académico también planteó que "tenemos un número bastante numeroso de estudiantes de África y América que son brillantes y lo mejor que los departamentos de ingeniería pueden hacer es homologar la educación en las instituciones académicas estableciendo alianzas con las mejores universidades extranjeras - tanto de países desarrollados como subdesarrollados, o de dos países diferentes -" (Bourn y Sharma, 2008, p.201).

La investigación llevada a cabo por Engineers Against Poverty sugiere que existe el deseo por parte de algunos académicos de la ingeniería de contemplar el aprendizaje de su disciplina de una forma diferente (Bourn, 2009). El desarrollo sostenible ha sido claramente un motor importante, en lugares tales como Plymouth, Queens University Belfast y

Liverpool, para crear conexiones con otras disciplinas y cuestiones en torno a la responsabilidad social. En Leeds University se ha producido una estrecha involucración del personal académico del departamento de filosofía en algunas asignaturas de ingeniería, para el estudio de dilemas morales y éticos.

## EL INGENIERO GLOBAL

En los últimos años, el concepto del ingeniero Global ha sido reconocido en una serie de universidades de todo el mundo y a través de proyectos tales como el liderado por Engineers Against Poverty en el Reino Unido.

Por ejemplo, la publicación “The Global Engineer” señaló que el futuro de la ingeniería está siendo conformado por fuerzas globales que trascienden los límites nacionales, tales como la globalización, los rápidos avances tecnológicos, el cambio climático y la desigualdad (Bourn y Neal, 2008). Muestra la relación entre cambio climático y pobreza en términos de hábitats, acceso al agua, energía y transporte, y argumenta el papel clave que la ingeniería puede desempeñar en el tratamiento de esos problemas. Sugiere además que la globalización, a través del desarrollo económico, el incremento del turismo y la nueva tecnología puede mediante un uso efectivo de las habilidades de ingeniería, jugar un papel clave en la lucha contra la pobreza global.

No obstante, estas diversas iniciativas tendieron a centrarse en lo siguiente:

1. Inclusión de un mayor conocimiento y comprensión acerca de cuestiones globales tales como pobreza, cambio climático e impacto de la globalización.
2. Reconocimiento de enfoques más interdisciplinarios y conexiones con otros cursos de grado que pudiesen ayudar a tratar los temas mencionados anteriormente.
3. Promoción de proyectos, incluyendo actividades extra curriculares por parte de los estudiantes que aborden la relevancia de la ingeniería en la lucha contra la pobreza y el fomento de la vida sostenible.

Una lista de ejemplos de proyectos de EWB y EAP UK Research Conference de 2012 muestra que la mayoría ellos se centra en apoyar a personas de comunidades pobres del mundo con soluciones tecnológicas. Sin embargo, hay que reconocer que otros muchos ejemplos trataban dilemas y problemas tales como formas colaborativas de trabajar, el papel de las ONG y cómo hacer frente a los riesgos (EAP/EWB, 2012).

## INTRODUCCIÓN EN LA EDUCACIÓN DE CÓMO SER UN INGENIERO GLOBAL

Una cuestión primordial en el contexto de este capítulo es la necesidad de repensar el papel y propósito de la educación en el desarrollo profesional de un ingeniero, en el contexto de la sociedad global. Esto significa cubrir los tres elementos de cualquier enfoque educativo: conocimiento, habilidades y valores. Pero cada una de estas tres áreas plantea retos sobre qué y cómo el ingeniero relaciona su aprendizaje con las necesidades del mundo en un contexto más general. También es aconsejable una comprensión de la naturaleza controvertida de los debates de estas tres áreas, como componente importante del desarrollo del marco para una ingeniería global.

### Conocimiento de las cuestiones globales

Como se mencionó anteriormente, una serie de estudios y ejemplos de prácticas que promueven el concepto del “ingeniero Global” se han centrado en aumentar las posibilidades de aprender sobre las cuestiones globales y temas relacionados. Tal y como se plantea, la globalización no solamente produce necesidad y deseo crecientes de conocimiento, sino que también plantea preguntas acerca de cómo aprendemos.

En relación al aprendizaje sobre el resto del mundo, Scheunpflug (2011) establece tres niveles de conocimiento:

1. Conocimiento básico relacionado con información aceptada en todo el mundo, incluyendo conceptos relacionados con matemáticas, alfabetización y ciencias naturales.
2. Resolución de problemas y saber cómo aprender.
3. Conocimiento culturalmente específico y que pueda estar relacionado con áreas tales como salud, alimentación, estilo de vida, actitudes y creencias (p.33).

Tal y como advierte Scheunpflug, con demasiada frecuencia la educación ha tendido a centrarse en un proceso lineal de aprendizaje, pero en la era de la globalización los problemas y cuestiones complejos no pueden resolverse fácilmente. (ibid). Continúa señalando que, con la rapidez del cambio social, hacer frente a la incertidumbre se convierte en uno de los mayores desafíos de la sociedad global.

Andreotti, influido por ideas postcoloniales y postestructuralistas, hace referencia a la importancia del “conocimiento pluralista”. En primer lugar sugiere que, cualquiera que sea el contexto, es preciso que los educadores “se resistan al pensamiento instrumental”. En segundo lugar, en respuesta a los desafíos que presentan las tecnologías globales y las

habilidades requeridas hoy en día, establece que los educadores necesitan “reclamar su papel como agentes culturales” incrementando “su conciencia y capacidad de analizar y ver el mundo desde diferentes perspectivas, aprendiendo a escuchar y negociar en ambientes complejos y diversos”. En tercer lugar, Andreotti indica que no deberíamos imponer a los estudiantes qué pensar ni ofrecer pedagogías universales. El papel del educador debería ser el de mantener “posibilidades abiertas y preparar a los aprendices para comprometerse críticamente con cada posibilidad, escuchar y negociar éticamente unos con otros, y analizar y asumir responsabilidad de las implicaciones de sus decisiones. Esto requiere una comprensión del conocimiento y las identidades de comunidades de aprendizaje transitorias y cambiantes.” (Andreotti, 2010, p. 9-10).

Gilbert (2005) recalca la necesidad de dejar de pensar en el conocimiento como un objeto que necesita ser dominado - un fin en sí mismo estático - y verlo como un recurso, algo que la gente utiliza para hacer cosas con el fin de resolver problemas reales.

En términos de conocimiento e ingeniería global, es importante reconocer no solamente el valor de los datos y la información, sino también de un amplio conocimiento y comprensión basados tanto en contenido como en su aplicabilidad.

Estos podrían resumirse como:

- La importancia de diferentes perspectivas, enfoques y reflexión crítica.
- El contexto global de construcción y aplicación del conocimiento.
- La relevancia global de la ingeniería y su papel potencial de introducir un cambio en el mundo.

Es en este contexto donde debe hacerse referencia a la respuesta identificada por Bourn y Neal (2008) al vacío de conocimiento sobre temas globales en ingeniería. Este vacío se refleja aún más en las investigaciones llevadas a cabo por Mattiussi y col (2013), particularmente cuando el aprendizaje incluía más enfoques cualitativos que cuantitativos - o como comentó un académico, “ciencias sociales difusas -” (p. 5).

Lo que todo esto significa es que incluir únicamente clases adicionales (o incluso asignaturas) dirigidas a aumentar el conocimiento de las cuestiones globales se muestra insuficiente. Sin las habilidades necesarias y la base de valores que acompañen a este conocimiento, los estudiantes podrían asumir muy fácilmente que sólo existe un modo de ver estas cuestiones.

## Habilidades globales

En los debates sobre habilidades en una sociedad global, se ha reconocido que las habilidades técnicas en sí mismas son insuficientes en economías en rápido cambio. Temas tales como competencias transferibles, trabajo en equipo, habilidades interpersonales y la capacidad de gestionar la incertidumbre y resolver problemas están a la orden del día en la investigación de la educación ingenieril. Estas habilidades genéricas son reconocidas en las grandes compañías, por ejemplo como necesidades de personal capaz de trabajar en diversos entornos social y culturalmente complejos, siendo culturalmente sensibles y pudiendo comunicarse con una amplia gama de clientes.

Las investigaciones llevadas a cabo por Bourn y Sharma (2008) acerca de la percepción de las compañías de ingeniería del valor de las habilidades globales refuerzan este punto de vista. Por ejemplo, el personal directivo de una empresa automovilística japonesa bien conocida remarcaba la importancia de reclutar ingenieros con habilidades interpersonales en todos los aspectos, adaptados a su cultura, con un enfoque objetivo y la capacidad de identificar y resolver problemas rápidamente. La sensibilidad intercultural era una habilidad clave para ellos:

*“Eso es clave para nosotros, porque algunas personas pueden tener la percepción de que la ingeniería no es muy global. Sin embargo, la sensibilidad hacia diferentes perspectivas, nacionalidades y culturas, idiomas, lugares, zonas horarias y diferentes estilos de trabajo en diferentes países es algo crucial. Esto es algo de lo que carece a menudo la gente del Reino Unido. Dado que somos una empresa Japonesa, esto adquiere mucha importancia para nosotros” (Ibid. P. 202).*

Existen evidencias, al menos para las grandes compañías internacionales, de que las habilidades globales podrían verse vinculadas a las habilidades para trabajar en diversos entornos culturales, ser adaptable y capaz de reconocer necesidades sociales y agendas más generales. Pero esto no debería desvirtuar el contexto en que empresarios y legisladores verían las habilidades globales, que es el de la competencia económica y el marco de trabajo establecido por las normas sociales dominantes.

Existe otra dimensión desde donde ver las habilidades globales: llevando la conciencia cultural a otro nivel y relacionándola directamente con la experiencia internacional y el diálogo intercultural. Vitto (2008) se refiere al valor y la importancia de estas habilidades blandas y a la necesidad de ser receptivo a otras culturas como elementos importantes del desarrollo del ingeniero.

El enfoque de la “experiencia intercultural” ha tomado a menudo la forma de visitas de estudio e intercambios tanto de personal docente como de estudiantes. Mientras estas

iniciativas pueden ayudar a ampliar horizontes y ofrecen tanto a académicos como a estudiantes diferentes experiencias y perspectivas, es más cuestionable que cambien radicalmente la visión que el aprendiz tiene de su papel y su sentido de pertenencia al mundo en su conjunto. Rivi y Lingard (2010) han señalado que a pesar del gran debate sobre la interconexión e interdependencia globales, “el contacto internacional permanece en comunidades culturales globalmente diferenciadas - el oeste frente al resto -” (p. 175). Demasiado a menudo, estos intercambios y experiencias reproducen nociones dominantes de superioridad cultural. El diálogo intercultural no es en realidad diálogo sino una forma de reproducción del dominio cultural.

Únicamente cuando el intercambio y la colaboración son parte de un proceso más amplio de aprendizaje y compromiso con las cuestiones y problemas globales y se afrontan las cuestiones del poder y la dominación, tales experiencias pueden quizás derivar en una conciencia global más amplia e inquisitiva.

Otra óptica con que ver las habilidades globales focaliza en el reconocimiento de la complejidad y el pensamiento crítico y está estrechamente conectada con un enfoque más basado en valores en torno a la justicia social. Basándose en el trabajo de Paulo Freire y Giroux (2005) este enfoque plantea un aprendizaje abierto, participativo pero también profundamente político y que reconoce el poder. Giroux (2005) habla de una pedagogía crítica cuyo punto de partida no son los resultados de las pruebas de examen, sino las preguntas. Establece que también se trata de reconocer puntos de vista y vocabularios contrapuestos, y de establecer nuevas formas de conocimiento y espacios creativos.

Este enfoque de las habilidades globales supone lo siguiente:

- Reconocer el valor de aprender sobre diferentes perspectivas y enfoques.
- Dotar al aprendiz de habilidades para cuestionar, indagar críticamente y reflexionar sobre diversas influencias sociales, económicas y culturales.
- Enfatizar la importancia del compromiso social positivo y la búsqueda de soluciones.
- Reconocer el impacto de la globalización en la vida de las personas y la necesidad de dotar a los estudiantes de la capacidad de comprender un mundo que cambia rápidamente.
- Hacer referencia a las fuerzas que moldean el cambio social y económico.

Estas influencias pueden considerarse en el siguiente marco para las habilidades globales:

- Habilidad de comunicación con gente de diferente origen social y cultural.
- Habilidad de trabajar en equipos de personas de diferentes orígenes y de otros países.

- Apertura a una gama de voces y perspectivas de todo el mundo.
- Voluntad para resolver problemas y buscar soluciones.
- Reconocimiento y comprensión de la importancia de las fuerzas globales en la vida de las personas.
- Voluntad para jugar un papel activo en la sociedad a un nivel local, nacional e internacional (Bourn, 2008).

Este enfoque de las habilidades críticas se basa en el trabajo de Andreotti y De Souza (2008) que plantean la necesidad de cambiar el contenido fijo y las habilidades conformes a una idea predeterminada de sociedad por conceptos y estrategias que abordan complejidad, diferencias e incertidumbre. También significa cambiar un enfoque del aprendizaje que acepta el conocimiento recibido por uno que cuestione y modifique posturas y puntos de vista. Finalmente, este enfoque significa cambiar una visión universalista y ordenada del mundo por una visión que reconozca medios de interpretación complejos, polifacéticos y diferentes (Bourn y Neal, 2008).

### Los valores de un Ingeniero Global

Haydon sugirió que “lo que determina la forma en que se utilizan el conocimiento y las habilidades son los valores y actitudes de una persona” (Haydon, 2005). Cualesquiera formas de aprender sobre problemas y temas tales como cambio climático, pobreza global y derechos humanos están conectadas por el objetivo en sí mismo de plantear al estudiante preguntas sobre sus propios valores de base y sus puntos de vista relacionados con estos temas. Resulta inevitable que el proceso de aprender acerca del impacto de la pobreza en comunidades de ciertos países suscite temas emocionales tales como equidad y justicia. Estos temas son lugar común en los discursos en torno a desarrollo de la educación, aprendizaje global y educación para la ciudadana global.

Inman hace referencia al compromiso con la justicia y la equidad, empatía con otros, respeto y cuidado de nosotros mismos y de otros, franqueza y compromiso con el cambio individual y colectivo, y compromiso con la sostenibilidad (Inman, 2005). Sin embargo, tal y como Tomey (2005) y Tallon (2012) indican, este énfasis en valores puede verse reducido a diálogos sobre emociones y un sentido de la empatía.

En la educación ingenieril ha habido una incómoda tensión en torno al papel y lugar que deberían ocupar los valores. Existen tensiones entre valores profesionales y sociales, y diferentes bases de valores a lo largo del mundo, culturalmente específicas. Mitchell y Baillie (1998) sugieren que “nuestros valores son las lentes a través de las que vemos el mundo: son consecuencia de nuestras creencias y supuestos subyacentes, que generalmente no son ni articulados ni cuestionados” (p.15). Más aún, sugieren que los

estudiantes, así como los profesionales, tienen que reconocer sus propios valores y perspectivas que influyen en sus puntos de vista cuando emiten juicios.

Es el modo en que el ingeniero comprende y refleja la relevancia de sus propios valores en su profesión lo que necesita discutirse y debatirse adicionalmente. Demasiado a menudo los valores de la ingeniería se ven puramente como asuntos del lugar de trabajo tales como honestidad, integridad, seguridad. Podrían plantearse las necesidades de la gente y de la sociedad, pero temas como justicia social, equidad y empoderamiento de las personas raramente lo hacen. Incluso en debates de desarrollo sostenible, los valores se ven a menudo en términos de las necesidades del lugar de trabajo.

Es en estos valores sociales de mayor amplitud donde también se inscriben valores de responsabilidad ética y social, una preocupación y un deseo de un mundo más ético y justo, donde está la clave para convertirse en un Ingeniero Global.

## HACIA UNA PEDAGOGÍA PARA EL INGENIERO GLOBAL

Para impulsar el fomento del concepto de Ingeniero Global en los departamentos y facultades de ingeniería de las universidades, como enfoque pedagógico potencial se sugieren los siguientes elementos:

- Promoción de una perspectiva global y de lo que supone ser un ingeniero en el siglo veintiuno.
- Comprensión de las causas del poder y la desigualdad en el mundo y de su relación con la ingeniería.
- Creencia en la justicia social y en un sentido de la responsabilidad social y de sus implicaciones para la ingeniería.
- Compromiso con el diálogo, la reflexión crítica y reconocimiento de que existen múltiples perspectivas de las soluciones basadas en la ingeniería.

### Perspectiva Global

Aprender y comprender acerca del desarrollo y de las cuestiones globales de la ingeniería requiere la suposición de que aprender sobre el resto del mundo es relevante e importante para los estudiantes de ingeniería. Esto conlleva un sentido de “perspectiva global”. Pero, ¿qué significa esto y cómo puede interpretarse?

Una perspectiva global podría ser neocolonialista, incluso imperialista en su naturaleza. Podría, a un nivel más sutil, comenzar desde la presunción de que nuestro punto de mira personal es el mejor. Scheunpflug (2011) estudió cómo los profesores responden al reto

de desarrollar una perspectiva global y observó que es importante ser sensible a las tendencias de los estudiantes de “dar por descontada la superioridad europea” y que los profesores necesitan tener un “sentido de cómo hacer que los estudiantes miren bajo otras ópticas y perspectivas” para poder activar su “reconceptualización de estas cuestiones” (p.30).

Esto significa que involucrar en el aprendizaje de temas de desarrollo global bien podría comenzar por demostrar el valor de mirar más allá del propio entorno. Un punto de partida necesario para lograr un compromiso con el aprendizaje, por tanto, debería ser demostrar que vivimos en un mundo interconectado y que los eventos de cualquier otra parte del mundo tienen un impacto en nosotros, y que ahora vivimos en una “aldea global”.

### Poder y desigualdad

Existe una tendencia en la práctica de muchos organismos comprometidos con el desarrollo de ver su papel en términos altruistas. Eso deriva en el énfasis en el voluntariado, la recaudación de fondos o la ayuda al pobre. La ingeniería interviene en las sociedades a menudo a través del poder económico y el apoyo político. Proyectos de todo el mundo, ya sean carreteras, presas o introducción de nuevas tecnologías, han sido a menudo liderados por una pequeña élite que agrupa poderosas compañías.

El entendimiento de lo que este poder supone, de dónde viene y cómo es utilizado debe ser esencial prerrequisito del aprendizaje del Ingeniero Global.

Engineers Against Poverty, en reconocimiento de estas cuestiones, ven en el poder y la desigualdad su punto de partida:

*Las cuestiones más fundamentales del desarrollo son cuestiones de poder. El mundo se organiza de una manera profundamente injusta, y la gente pobre no tiene a menudo el poder necesario para lograr mejoras en sus propias vidas. El objetivo del desarrollo debería ser por tanto empoderar a aquellos que viven en la pobreza para propiciar mejoras significativas para ellos.*

Es esta relación entre poder y desigualdad, y el trabajo de los ingenieros la que es preciso abrir a un debate más amplio.

### Creencia en la justicia social

Existe evidencia en el Reino Unido y otros países industrializados de que la conexión con la agenda de la pobreza y la promoción de la ingeniería en términos de justicia social constituyen un fuerte impulsor del Ingeniero global (Bourn y Sharma, 2008). A este

respecto, el trabajo y el enfoque de Engineers Against Poverty (EAP) en el Reino Unido constituyen un valioso punto de referencia. EAP interpreta su papel como “trabajar con industria, gobierno y sociedad civil para luchar contra la pobreza y promocionar el desarrollo sostenible”. Su objetivo es “influir en la política corporativa y pública, y ayudar al desarrollo de soluciones prácticas orientadas a crear empleo, promocionar el desarrollo empresarial y mejorar la educación y la formación”.

La creencia en la justicia social procederá de una amplia gama de influencias personales, sociales y culturales. Esto implica reconocer que para mucha gente la preocupación por la pobreza global tiende a partir de una posición moral que puede estar influida por factores tales como experiencia personal, religión, grupos de compañeros, familia o medios de comunicación. Es en este proceso de aprender más acerca de temas y problemas de justicia social, y en el impacto que esto tiene en los propios sistemas de valores de los alumnos donde la educación para el desarrollo adquiere relevancia.

En el otro lado del espectro, también es posible encontrar individuos que han hecho campaña contra la pobreza global pero que no han establecido la relación entre los valores que los inspiran, en términos de justicia social o deseo de una mayor equidad, y otros aspectos de sus propias vidas o de las de otras personas.

Estas creencias en la justicia social, el deseo de que el mundo sea un lugar mejor en términos de mayor equidad y de que todo el mundo tenga la oportunidad de que su voz sea escuchada y comprendida derivan en debates sobre la ciudadanía global y la relación entre educación y cambio social.

### Compromiso con el diálogo, la reflexión crítica y la escucha de diferentes perspectivas

A un cierto nivel, el pensamiento crítico podría verse reducido simplemente a consultar diferentes tipos de información, sopesar evidencias y construir un argumento para resolver problemas. Pero tal y como Paul sugiere, las múltiples definiciones de pensamiento crítico implican que es mucho más que esto. En esencia, determina que “el pensamiento crítico es pensar en tu pensamiento mientras estás pensando, de forma que puedas mejorar tu forma de pensar”. En relación a esto, establece la importancia del autodesarrollo (Paul, 1995, p. 91).

Brookfield se refiere al pensamiento crítico como “la caza de supuestos, sin intentar evaluar su precisión y validez, cómo encajan en la vida” (Brookfield, 2012, p 7). Sugiere mirar las cosas desde diferentes puntos de vista con el fin de emprender una acción informada; esto es, “acción basada en el pensamiento y el análisis” (ibid, p. 13).

En el contexto de la educación ingenieril, para incorporar el pensamiento crítico pueden considerarse los siguientes elementos:

- Promoción de una perspectiva global y de lo que supone ser un ingeniero en el siglo veintiuno. Imaginar diversas perspectivas globales – contemplar temas y problemas a través diferentes ópticas.
- Analizar críticamente cómo los ingenieros perciben a otros países y qué influye en nuestras percepciones, particularmente a través de los medios de comunicación.
- Buscar las causas de las desigualdades.
- Explorar las relaciones de poder, incluyendo cuestiones tales como quién tiene el poder, quién no tiene voz y quién se beneficia de ello.

Guerra (2012, p. 328), al revisar cómo la ingeniería ha participado en debates acerca del desarrollo sostenible, sugiere la importancia de pasar de una más amplia interpretación de principios y ejemplos descriptivos a un marco conceptual común. Sugiere que esto es necesario no solamente para definir, analizar y resolver problemas sino para reflexionar sobre las decisiones y sus consecuencias.

Pawley (2012), en sus reflexiones sobre su papel como ingeniera académica, determina que es importante practicar la autorreflexión crítica y cuestionar quién define los problemas de ingeniería y quién se beneficia de las soluciones ingenieriles y la justicia social.

Estos ejemplos sugieren que hay académicos de la ingeniería que están comenzando a mirar más críticamente a su profesión. Pero lo que se necesita es conectar más esta reflexión crítica con los temas anteriormente citados del poder, la justicia social y la perspectiva global para proveer un marco pedagógico coherente para el Ingeniero Global.

## CONCLUSIONES: IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

Como se ha indicado en este capítulo, así como algunos elementos de los temas mencionados podrían encontrarse en diversas iniciativas sobre cuestiones globales y sostenibilidad en ingeniería, lo que quizás no se ha tomado en suficiente consideración son las implicaciones de promocionar una “perspectiva global” en términos pedagógicos (el enfoque del aprendizaje). Esto significa repensar no solamente el contenido de los cursos, sino también cómo los temas se enseñan y cómo los propios estudiantes se comprometen con el aprendizaje. Ejemplos tales como Savagem Vanasupa y Stolk (2007) muestran, mediante su enfoque basado en proyectos, elementos de los temas mencionados en este capítulo.

Sin embargo, aunque plantear escenarios de problemas junto con investigaciones prácticas y actividades en torno a ellos puede ser valioso, el marco conceptual del Ingeniero Global esbozado en este capítulo sugiere ir más allá de la búsqueda de soluciones técnicas y tratar de comprender los problemas en sí.

Un recurso basado en la web que podría constituir una herramienta valiosa para estudiar los problemas desde diferentes perspectivas y cuestionar supuestos, es el denominado “Pictures of Success” (Imágenes de Éxito), patrocinado por la Earth Charter. Mediante el uso de fotografías, “Pictures of success” cuenta historias exitosas que contribuyen a combatir la pobreza global y apoyan el desarrollo sostenible. Los ejemplos incluyen cómo mientras muchas personas de Ghana tienen acceso a un teléfono móvil mientras la mayoría de ellas no tiene acceso a baños limpios e higiénicos.

Otro ejemplo fotográfico muestra cómo comunidades indígenas de muchos lugares del mundo respetan y valoran su tierra.

*“Nuestros antepasados han estado viviendo en estas tierras durante siglos. Como nacimos poseyendo esta tierra no podemos abandonarla, y ella no puede abandonarnos a nosotros” (Lodu Sikaka, Dongria Kondh leader, India).*

Estos y otros ejemplos fotográficos brindan oportunidades para debates que alientan a enfoques más críticamente reflexivos de problemas que necesitan abordarse comprendiendo y sopesando diferentes perspectivas, y reconociendo que los factores externos, ya sean económicos, políticos o culturales, juegan de hecho un papel al influir en las decisiones que tomamos.

El concepto de Ingeniero Global, tal y como se sugiere en este capítulo, implica mucho más que introducir elementos de conocimiento sobre cuestiones globales. Supone también más que hacer referencia a “habilidades blandas” tales como trabajo en equipo o simplemente respeto por otras culturas.

Ejemplos tales como el recurso “Pictures of Success” ofrecen oportunidades para el estudio de diversas cuestiones relevantes para la ingeniería, problemas globales y desarrollo sostenible. Comenzando por ejemplos del mundo real y mirando más allá de la solución para comprender cuál es el verdadero problema, cómo se planteó y quién debería involucrarse en resolverlo, todo ello forma parte de ser un Ingeniero Global eficaz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andreotti, V. 2010. Global Education in the 21st Century, two different perspectives on the post of postmodernism. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 2(2), 5-22.
- Andreotti, V and De Souza, L.M. 2008. Translating Theory into Practice and Walking Minefields: Lessons from the project 'Through Other Eyes'. *International Journal of Development Education and Global Learning*. 1(1), 23-36
- Beck, U. 2000. *What is Globalisation*. Polity Press, Cambridge.
- Bourn, D. 2008. *Global Skills*. Centre for Excellence in Leadership, London.
- Bourn, D. 2009. *The Global Dimension to Engineering Education*. Unpublished paper for Engineers Against Poverty.
- Bourn, D and Neal, I. 2008. *The Global Engineer*. Engineers Against Poverty, London.
- Bourn, D. 2009. *Global Engineer - Strategies for the Way Forward*. Unpublished paper for National University of Ireland, Galway.
- Bourn, D & Sharma, N. 2008. *Global and Sustainability Perspectives within engineering*. *The Municipal Engineer*. 2008: 199-205
- Brookfield, S. 2012. *Teaching for Critical Thinking*. Josey-Bass, San Francisco.
- Caruana, V and Spurling, N. 2007. *The Internationalisation of UK Higher Education: a review of selected material*, [http://www.heacademy.ac.uk/assets/York/documents/ourwork/tla/lit\\_review\\_internationalisation\\_of\\_uk\\_he.pdf](http://www.heacademy.ac.uk/assets/York/documents/ourwork/tla/lit_review_internationalisation_of_uk_he.pdf) [Accessed March 3rd, 2014].
- Engineers Against Poverty/Engineers Without Borders (EAP/EWB). 2012. *Proceedings of the "Changing Course" Global Engineering Education Conference*, London.
- Fenner R.A., Ainger C.M., Cruickshank H.J. and Guthrie P.M. 2005. *Embedding Sustainable Development at Cambridge University Engineering Department*. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 6(3), 229-241.
- Gilbert, J. 2005. *Catching the Knowledge Wave*. New Zealand Council for Educational Research, Wellington.

- Giroux, H. 2005. *Border Crossings*, Routledge, New York.
- Gough, S and Scott, W.A.H. 2007. *Higher Education and Sustainable Development*.  
Routledge, London.
- Guerra, A. 2012. What Are the Common knowledge and Competencies for Education for Sustainable Development and for Engineering Education for Sustainable Development? Proceedings of the SEFI 40th Annual Conference, Thessaloniki, Greece.
- Haydon, G. 2005. What kind of values education does development education need? *The Development Education Journal*. 11(2), 3-5.
- Inman, S. 2005. Making Values Central: the Partners in Change Project. *The Development Education Journal*. 11(2), 25-27.
- Knight, J. 2004. Internationalization Remodeled: Definition, Approaches, and Rationales. *Journal of Studies in International Education*. 8(1), 5-31
- Lamb, A., Roberts, E., Kentish, J. & Bennett, C. (2007) Students as Active Global Citizens. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*. 30 Jahrgang, 1, 17-19
- Mattiussi, E., Clifford, M., Short, T. 2013. The Global Dimension in the UK Engineering Curriculum: The EWB Challenge. Proceedings from the Engineering Education for Sustainable Development Conference, Cambridge, September 2013, pp. 61.
- Mitchell, C.A. & Baillie, C. 1998. On values, role models, and the importance of being me. Proceedings Annual American Society of Engineering Education Conference, Seattle, pp 3560 – 3570.
- Montgomery, C., Penlington, R., Perera, N., Tudor, J. Wilson, A. 2011. Educating the Global Engineer: Staff and student perspectives on embedding sustainable development practices into the engineering curriculum. Higher Education Academy-Engineering Subject Centre, York.
- Paul, R. W. 1995. *Critical Thinking-How to Prepare Students for a Rapidly Changing World*. Foundation for Critical Thinking, Santa Rosa, California.

- Pawley, A. 2012. What Counts as Engineering: Towards a Re-definition, in Baillie, C., Pawley, A. and Riley, D. (eds.) Engineering and Social Justice, Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, pp.59-86.
- Rizvi, F. and Lingard, B. 2010. Globalizing Education Policy. Routledge, Abingdon.
- Savage, R., Vanasupa, L. and Stolk, J. 2007. Collaborative Design Of Project Based Learning Courses: How to Implement a Mode of Learning that Effectively Builds Skills for the Global Engineer. American Society for Engineering Education.  
[http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdigitalcommons.calpoly.edu%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D1002%26context%3Dmate\\_fac&ei=U6YUU-mgM42V7Aa6n4DACA&usg=AFQjCNFVNILtPiSbT5JYtTDVIAi-xC35Q&bvm=bv.61965928,d.ZGU&cad=rja](http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdigitalcommons.calpoly.edu%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D1002%26context%3Dmate_fac&ei=U6YUU-mgM42V7Aa6n4DACA&usg=AFQjCNFVNILtPiSbT5JYtTDVIAi-xC35Q&bvm=bv.61965928,d.ZGU&cad=rja) [Accessed 3 March 2014].
- Schattle, H. 2008. The Practices of Global Citizenship. Rowman and Littlefield, Lanham, Maryland
- Scheunpflug, A. 2011. Global Education and Cross-Cultural Learning: A Challenge for a Research-based Approach to International Teacher Education. International Journal of Development Education and Global Learning. 3(3), pp. 29-44.
- Smith, J. ,Brown, L., Blachhall, L., O’Shea, J. 2010. New Partnerships Linking Universities and NGOs on Education for Development Engineering - Case Study From Engineers Without Borders Australia. Proceedings of the Joint International IGIP-SEFI Annual Conference 2010, Slovakia.
- Stearns, P. 2009. Educating Global Citizens in Colleges and Universities. Routledge, New York.
- Tallon, R. 2012. Emotion and Agency within NGO Development Education: what is at work and what is at stake in the classroom? International Journal of Development Education and Global Learning. 4(2), 5-22
- Tormey, R. 2005. The costs of values: questioning the application of the term in development education. The Development Education Journal, 11(2), 9-11.
- Underhalter,E. and Carpentier, V. (eds.) 2010. Global Inequalities and Higher Education – whose interests are we serving? Palgrave, London.

Vitto,C. 2008. Cross Cultural 'Soft Skills' and the Global Engineer: Corporate 'Best Practices" and Trainer Methodologies. The Online Journal for Global Engineering Education. 3(1), 1-5.

## MATERIAL ADICIONAL RECOMENDADO

Los siguientes sitios web proveen material de referencia adicional que analiza enfoques pedagógicos en cuanto al modo en que los estudiantes aprenden y se comprometen con los temas y problemas globales.

- [www.picturesofsuccess.org](http://www.picturesofsuccess.org) - Esta web fue creada para empresas comprometidas con promocionar la comprensión de cuestiones globales y de sostenibilidad, pero puede ser y ha sido utilizada por profesores, académicos y grupos comunitarios.
- [www.throughothereyes.org.uk](http://www.throughothereyes.org.uk) - Un recurso online que analiza el aprendizaje desde diferentes perspectivas.
- [www.deeep.org](http://www.deeep.org) - Sitio web de European Development Education, que provee valiosa información de base y enlaces a varios sitios y presentaciones.

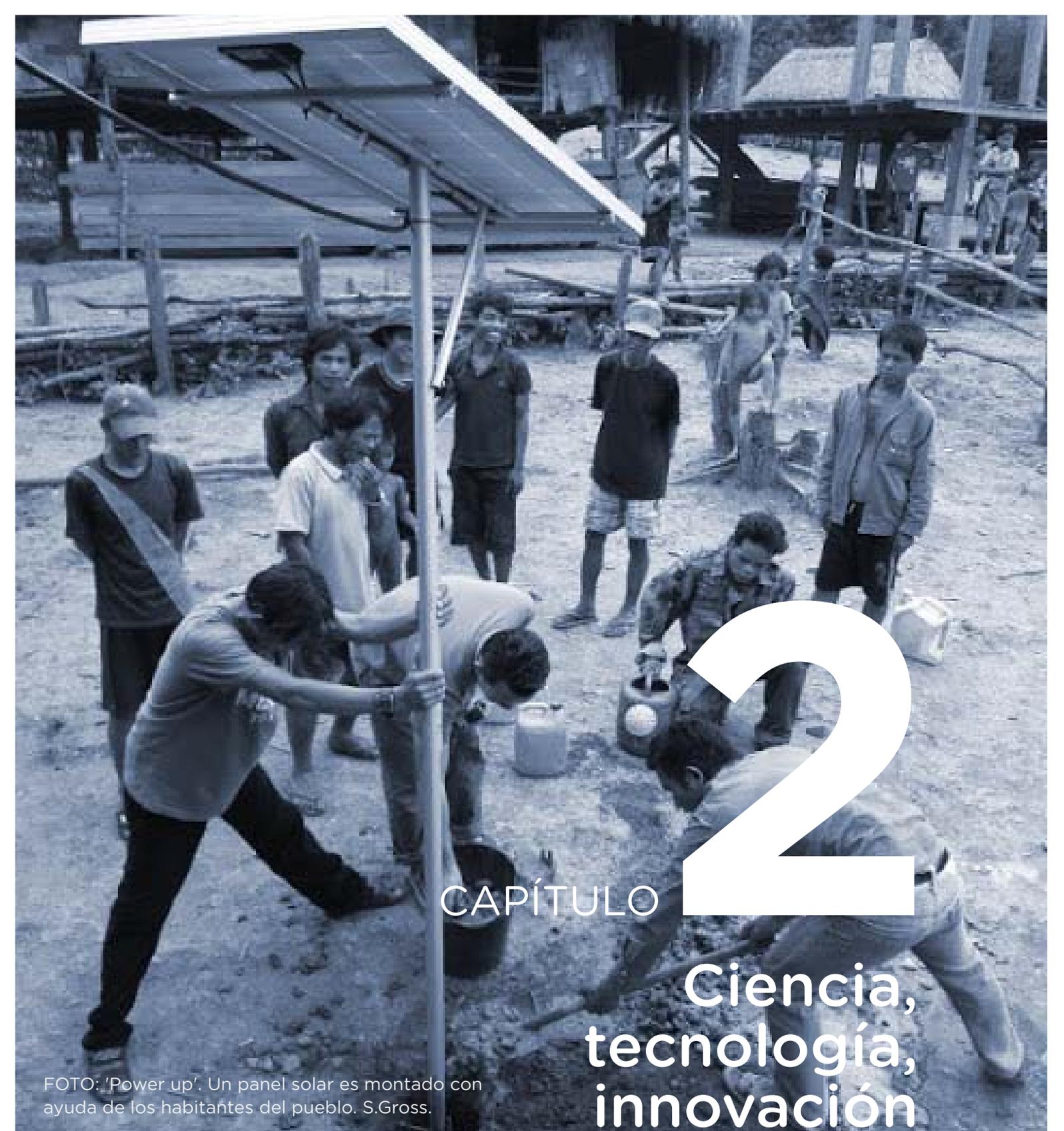


FOTO: 'Power up'. Un panel solar es montado con ayuda de los habitantes del pueblo. S.Gross.

CAPÍTULO

# 2

## Ciencia, tecnología, innovación y sociedad

A.1

La necesidad del ingeniero global

# 2

## CAPÍTULO 2. Ciencia, tecnología, innovación y sociedad

### EDICIÓN:

Global Dimension in Engineering Education

### COORDINACIÓN DE LA AUTORÍA:

**Agustí Pérez-Foguet y Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Alejandra Boni y Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)

**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)

**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

### COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Jaime Moreno y Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de València*)

**Angela Cordeiro y Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)

**Emily Mattiussi, Sylvia Roberge y Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Citación: Carrasco, J., Pantoja, M.A., Mataix, C. (2014) 'Ciencia, tecnología, innovación y sociedad', en *La necesidad del ingeniero global*, GDEE (eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona.  
Disponible en: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Esta publicación está distribuida bajo una licencia Reconocimiento -No comercial- Compartir Igual de Creative Commons



# 2

## CIENCIA TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

**Javier Carrasco**, Profesor del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid

**Miguel Ángel Pantoja**, Director de ONGAWA – Ingeniería para el desarrollo humano

**Carlos Mataix**, Director del Centro de Innovación en Tecnología para en Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid

### RESUMEN

El propósito de este capítulo es aportar una visión de amplia perspectiva acerca del papel que la técnica, la ciencia y la tecnología desempeñan en el desarrollo de la humanidad. En el presente y dada la aceleración que ha adquirido la introducción de nueva tecnología, se evidencian tensiones y se anticipan problemas que requieren una adecuada gestión, a nivel global, de la tecnología y sus interrelaciones con la sociedad, la economía y la ecología. En esta sección se presentan los principales conceptos, actores e interrelaciones a tener en consideración para gobernar un proceso que se evidencia particularmente complejo.

## RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Tras haber participado activamente en las experiencias de aprendizaje de este módulo lectivo, deberías ser capaz de:

- Reconocer ampliamente la perspectiva histórica de la evolución de la ciencia y la tecnología.
- Identificar los resultados sociales y ambientales del progreso científico y tecnológico.
- Clarificar los principales factores institucionales que modelan las prioridades de la ciencia y la tecnología.
- Interpretar la importancia de modelos más inclusivos y sustentables para la innovación.

## CONCEPTOS CLAVE

Estos conceptos te ayudarán a una mejor comprensión del contenido de este módulo:

- Globalización e Ingeniería.
- Relevancia de la Justicia Social.
- Comprensión del poder y desigualdad en términos de desarrollo y su relación con la ingeniería.
- Pensamiento crítico, diálogo y aprendizaje transformador.

## PREGUNTAS ORIENTATIVAS

Desarrolla tus respuestas a las siguientes preguntas orientativas mientras realizas las lecturas y progresas con el módulo:

- ¿Cuál es la relación entre la globalización y las habilidades necesarias para la globalización hoy en día y en un futuro previsible?
- ¿En qué grado piensas que los estudiantes de ingeniería se encuentran generalmente receptivos a dialogar acerca de lo que implica ser Ingeniero global? ¿Cómo podemos promover un debate más amplio de estos temas en nuestro departamento o facultad?

“Vean, pues, los ingenieros cómo para ser ingeniero no basta con ser ingeniero”

José Ortega y Gasset , Meditación de la Técnica

## NECESIDADES Y ASPIRACIONES HUMANAS

La evolución del ser humano en la tierra ha constituido un proceso a lo largo del cual hombres y mujeres han aprendido progresivamente a satisfacer sus necesidades de supervivencia -tales como alimentarse, resguardarse del frío o defenderse de otros depredadores- mediante el uso de recursos naturales. En los estadios tempranos de este proceso dichos recursos eran encontrados en el entorno próximo, y adaptados con relativa facilidad a la funcionalidad del uso pretendido.

Al ir creciendo los grupos humanos en tamaño, extensión de tierra ocupada y experiencia acumulada, fueron apareciendo nuevas necesidades y, correspondientemente, fueron usándose nuevos materiales y nuevas formas de transformarlos con objeto de asegurar su supervivencia. Progresivamente, el ser humanos va aprendiendo a prever riesgos futuros y a anticipar acciones para afrontarlos. Esto representa hacer esfuerzo ahora, para tener, más adelante, menos esfuerzo, menos inconvenientes y más satisfacción. Todo ello implica una mayor conciencia de sí mismos y de su relación con el entorno, en el presente y en el futuro. El futuro se abre a la imaginación: aparecen distintas imágenes mentales de cada individuo y del grupo humano en distintos entornos, conocidos o no. Se hace presente un problema de decisión y uno subsiguiente de actuación: lo que será el futuro dependerá de la imagen preferida y de las actividades emprendidas para encaminarse a alcanzarla.

El ser humano ya no es sólo su presente, sino también su tensión hacia el futuro. No quiere morir como el animal en dificultades, y no se va a conformar con satisfacer sus necesidades inmediatas. Quiere su “bienestar”, presente y futuro, que incluye sensaciones placenteras: amorosas, lúdicas, artísticas, espirituales o de conciencia embriagada. Tiene “aspiraciones”, como necesidades específicamente humanas. Tiene un “proyecto”, como individuo y como grupo humano, que orienta su actividad.

## LA TÉCNICA Y SU DESARROLLO

La técnica tiene un carácter posibilitador. Lo que es posible y útil para sus aspiraciones el ser humano lo emplea. Pero el uso de una técnica determinada requiere destreza y ésta es adquirida sólo por ciertos individuos del grupo humano: los artesanos. Aparece así el aprendizaje y la especialización en el trabajo y, como complemento necesario, la coordinación para determinar los resultados a alcanzar, para articular las actividades de los distintos individuos con una finalidad común y para distribuir los resultados obtenidos en

beneficio de todos. Esto da origen a la organización, con su diferenciación de roles (más allá de los roles de la unidad familiar) y la jerarquización de los mismos. La mayor eficacia de las organizaciones, diestras en el manejo de las técnicas apropiadas, posibilita el crecimiento de los grupos humanos, poco numerosos inicialmente, de mayor dimensión progresivamente, hasta ir conformando sociedades más o menos complejas. Al aumento de la dimensión acompaña una extensión del territorio ocupado (en particular, a lo largo de los grandes ríos), el encuentro de otros grupos humanos y de nuevos recursos, el intercambio de productos y la difusión de las técnicas.

En la prehistoria, las edades del ser humano se asocian a técnicas usadas en relación con determinados materiales clave, en particular, en la fabricación de armas y herramientas.

Entrando en la historia y centrándonos en Europa, tiene lugar un proceso en que se van incorporando y desarrollando técnicas provenientes de diversas culturas. La rueda hidráulica antes usada por los egipcios y los sumerios; el molino de viento procedente de Persia; la brújula, la pólvora y el papel de China. El 1440 Gutenberg perfecciona la prensa de imprenta y el tipo móvil. Un punto cimero se sitúa en el siglo XVI con los trabajos de Leonardo y sus contemporáneos. Por otra parte, se van preparando los cambios culturales que van a facilitar el posterior desarrollo de la técnica. Algunos ejemplos: el nuevo concepto de tiempo, la nueva visión de las relaciones espaciales el nacimiento del capitalismo en el norte de Italia, al pasar de una economía de trueque apoyada en monedas locales a una economía de dinero y crédito internacional entre otros.

En este contexto, el desarrollo de máquinas, en particular en la industria textil, da origen a un invento social de enorme importancia: la fábrica. A mediados del siglo XVIII Europa está llena de fábricas movidas por energía hidráulica cuando empieza en Inglaterra lo que se ha denominado “primera revolución industrial” basada en la energía del carbón y mano de obra marginal, que se extiende hasta mediados del siglo XIX. Hasta aquí la ciencia, cuya génesis se sitúa en el siglo XVII, no ha tenido una incidencia significativa en el desarrollo de la técnica.

## LA GÉNESIS DE LA CIENCIA

En paralelo con la atención a la satisfacción de sus necesidades y aspiraciones y, en consecuencia, al desarrollo de la técnica, el ser humano desde sus orígenes ha tratado de tener una imagen mental, de conocer, aquello que estaba fuera de su alcance y experiencia inmediata. Este conocimiento se articula en lo que conocemos como religión, filosofía o *weltanschauung*. Así, Armstrong, 2006, estudia cuatro grandes corrientes de pensamiento que se desarrollan en el período 900-200 AC en cuatro grandes regiones de la tierra y que todavía informan buena parte del sustrato del pensamiento actual. Se trata de: el confucianismo y el taoísmo en China; el hinduismo y el budismo en India; el monoteísmo en Israel; y el racionalismo filosófico en Grecia.

En Europa, la religión cristiana, en permanente interrelación con un pensamiento filosófico que hunde sus raíces en el racionalismo griego, ha nutrido la principal corriente del pensamiento filosófico hasta el siglo XVII en que, tanto el desarrollo de la técnica como la evolución del pensamiento, están maduros para que se origine lo que hoy conocemos como Ciencia y que tanto impacto ha tenido en el desarrollo de la humanidad hasta nuestros días.

Como elementos más relevantes del alumbramiento de la Ciencia podemos destacar las aportaciones de:

**Copérnico** (1473-1543) y su establecimiento de la teoría (hipótesis decía él con acierto) de que el Sol está en el centro del universo y la Tierra tiene un doble movimiento: una rotación diaria y una vuelta anual alrededor del Sol.

**Kepler** (1571-1630) y el desarrollo de un catálogo de estrellas, en el que anotó las posiciones de los planetas durante muchos años. Kepler adoptó la teoría heliocéntrica y se benefició de los datos de Brahe para establecer sus tres leyes del movimiento planetario. La importancia de Kepler reside en que infiere, a partir de datos observados, leyes de comportamiento de la naturaleza perfectamente comprensibles por una mente racional; por otra parte, en el hecho de que tuvo que superar el prejuicio estético dominante desde los griegos, lo que abrió la puerta a un pensamiento científico libre de las ataduras de las tradiciones, la filosofía dominante o las creencias religiosas.

**Galileo** (1564-1642) es considerado, junto con Newton, el más importante de los fundadores de la ciencia moderna. Es quien descubre la aceleración como cambio en la velocidad. Galileo sostuvo que todo cuerpo, si se le deja sólo, continuará moviéndose en línea recta y velocidad constante. Todo cambio en este movimiento implica la acción de alguna fuerza. Más adelante, Newton designaría este fenómeno como primera ley del movimiento o ley de la inercia.

**Newton** (1642-1727) completó el proceso recorrido por Copérnico, Kepler y Galileo. Integró la cinemática de Galileo con las leyes de Kepler demostrando que todo planeta mantiene una aceleración hacia el Sol que varía inversamente al cuadrado de las distancias a dicho astro. Definió la fuerza como la causa del cambio del movimiento y enunció su célebre ley de la gravitación universal. El triunfo de la ciencia física estaba consolidado. Su incidencia en el sistema de pensamiento científico cristalizó con la aportación filosófica de Descartes que, aunque anterior a Newton, había elaborado su pensamiento libre de prejuicios, partiendo de una actitud de exploración y descubrimiento.

**Descartes** (1596-1650), influido por la nueva física y la nueva astronomía, se cuestiona el pensamiento dominante y se propone construir un sistema filosófico ex novo. Fundamenta el mismo en la única evidencia que no le ofrece duda alguna: nadie puede engañarle acerca

del hecho de que está pensando. Pienso, luego existo será el principio de la filosofía que estaba buscando. En la segunda parte de su Discurso del Método, establece los cuatro fundamentos para guiar el conocimiento:

- No admitir jamás como verdadero cosa alguna sin conocer con evidencia que lo era.
- Dividir cada una de las dificultades que examinase en tantas partes como fuera posible y como requiriese para resolverlas mejor.
- Conducir por orden mis pensamientos, comenzando por los objetos más simples y más fáciles de conocer para ascender poco a poco, como por grados, hasta el conocimiento de los más compuestos, suponiendo incluso un orden entre los que se preceden naturalmente unos a otros.
- Realizar en todo unos recuentos tan completos y unas revisiones tan generales que pudiese estar seguro de no omitir nada.

### Conclusiones para la ciencia

Como consecuencia de los trabajos desarrollados por los anteriores y otros autores, el siglo XVII deja un legado de certezas y expectativas cuyos trazos más importantes serían:

- La ciencia física queda fundamentada.
- El método científico queda establecido.
- La observación proporciona evidencia que permite imaginar teoría; la teoría permite anticipar fenómenos que habrá que comprobar en la realidad.
- El método científico abre un potencial de desarrollo de conocimiento en múltiples áreas de interés para el ser humano.
- El conocimiento científico permitirá desarrollar nuevas técnicas para adecuar el entorno a las necesidades y aspiraciones humanas.

## TECNOLOGÍA Y DESARROLLO HUMANO

La ciencia siempre ha sido deudora de la técnica. A su vez la ciencia, que conoció a partir del siglo XVII un intenso desarrollo, con su precisión de cálculo y su método de conocimiento, empezó a impulsar a la técnica en un proceso de interrelación que se extiende hasta nuestros días.

El desarrollo que seguramente es más representativo de este proceso es el de la tecnología eléctrica. En la primera mitad del siglo XIX se realizaron la mayor parte de los descubrimientos necesarios – pila eléctrica, acumulador, dinamo, motor, lámpara eléctrica, electroscopio, teoría de conservación de la energía- para su desarrollo en forma de una industria eléctrica que hasta nuestros días permea todos los ámbitos del entorno humano.

Tanto, de hecho, que en la actualidad se reconoce el acceso a la electricidad como un derecho humano.

El desarrollo tecnológico derivado de las diversas ramas de la ciencia en los dos últimos siglos ha sido espectacular. De hecho, tan amplio y profundo que debemos pararnos y distanciarnos si queremos ser conscientes de hasta qué punto nuestra vida diaria, en el llamado primer mundo, está inmersa y condicionada por la tecnología. Este ejercicio se facilita si volvemos la vista y reflexionamos sobre las condiciones de vida en los países menos favorecidos por el desarrollo tecnológico y económico.

Esta reflexión plantea el problema de la relación entre tecnología y desarrollo humano. ¿Qué tecnología desarrollar? ¿Con qué riesgos? ¿Con qué finalidad? ¿Qué tipo de desarrollo humano? ¿Qué tipo de sociedad? ¿Para qué poblaciones humanas? ¿Quién tomaría las decisiones correspondientes? Desafortunadamente, las respuestas acertadas e inequívocas no están disponibles.

Una aproximación parcial a este problema es la que aborda la teoría del desarrollo económico. Una medida de la dificultad del problema la proporciona el hecho de que existen, al menos, cinco enfoques para esta teoría: liberal, keynesiana, marxista, humanista e individualista/ anarquista. Cada una de ellas supone una orientación de la tecnología.

En todo caso, hasta hace pocas décadas el éxito demostrado por la tecnología en la solución de una amplia variedad de problemas individuales y colectivos del ser humano había hecho concebir la esperanza generalizada de que las posibilidades de la ciencia y la tecnología eran ilimitadas. Todo era cuestión de tiempo, esfuerzo y recursos. Sin embargo, el uso intensivo de los recursos naturales no renovables del planeta, incuestionablemente limitados, y, en particular, el de los combustibles fósiles, ha dado lugar a diferentes llamadas de atención. La primera que alcanzó repercusión mundial fue el Informe Meadows (1972) sobre Los Límites del Crecimiento. Desde entonces no han parado de aparecer informes científicos y de celebrarse reuniones internacionales alertando de la necesidad de reorientar los estilos de vida, el desarrollo de la tecnología y la distribución de la riqueza.

Todo ello implica la necesidad de un cambio de paradigma, de visión del ser humano en el planeta Tierra. Si el paradigma triunfante con el alumbramiento de la ciencia en el siglo XVII fue el de la “satisfacción ilimitada de las aspiraciones de un ser humano extranatural mediante el dominio y explotación de la naturaleza”, la evidencia que se impone hoy es la necesidad urgente de un cambio de paradigma que sitúe al ser humano como un ser cuyas aspiraciones y el modo de satisfacerlas deben ser compatibles con la sostenibilidad, presente y futura, de los ecosistemas que garantizan la vida en el planeta.

En contraste con la anterior necesidad, veamos la imagen establecida en nuestra Sociedad y sus implicaciones.

## VISION TRADICIONAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La imagen de la Ciencia más establecida en nuestra Sociedad destaca como su atributo fundamental el que busca y encuentra la verdad. Así, se aceptan de forma general las siguientes proposiciones:

- El método científico es absolutamente objetivo, libre de toda interferencia subjetiva.
- La Ciencia es un proceso acumulativo, en el que el conocimiento se va incorporando sobre la base previa, y se desarrolla con una lógica interna propia.
- Combinando datos y lógica, la Ciencia obtiene teorías universalmente válidas.
- Por todo lo anterior, el conocimiento científico es valorativamente neutral. Dado que emplea un método objetivo y aplica sistemáticamente la lógica, los resultados no pueden tener calificación ética.
- Pero, no obstante lo anterior, se considera que el desarrollo de la Ciencia es bueno para la Humanidad, recibiendo una calificación ética general positiva.

La Tecnología suele considerarse como Ciencia aplicada. Por tanto es lógico que la consideración de la Ciencia se transfiera a la Tecnología se conceden a la Tecnología atributos análogos:

- La objetividad le confiere autonomía.
- Es también acumulativa y lineal, sin alternativas de evolución.
- Es aplicable universalmente, ya que se basa en conocimiento objetivo.
- Es neutral, igual que la Ciencia.
- Pero, como en el caso de la Ciencia, se considera que el desarrollo tecnológico es bueno para la Humanidad.

De aquí se derivan notables propiedades sociales de la Tecnología:

- Es autónoma, sólo los expertos tienen capacidad para determinar la dirección del avance tecnológico.
- Este avance se regirá por sus propias reglas internas, que determinarán las alternativas de desarrollo.
- Es universal, la Tecnología puede aplicarse en cualquier entorno.
- Al ser neutral, los cambios que produzca la Tecnología serán en parte inevitables (es decir, deberán considerarse tan neutrales como la propia Tecnología), y en parte exógenos (dependerán de cómo se use).

Se da por evidente esta cadena de implicaciones:

Mejor Ciencia → Mejor Tecnología → Mejor Economía → Mejor Sociedad

## CRÍTICA DE LA VISIÓN TRADICIONAL

Desde mediados del siglo XX, hay una fuerte reacción a la imagen establecida de la Ciencia y la Tecnología. A partir de la década de 1960 se produce una vigorosa crítica en el ámbito académico, desde la Filosofía, la Historia y la Sociología de la Ciencia. Ya al final de la Segunda Guerra Mundial y con fuerza creciente también desde los años 60, se produce en paralelo una reacción desde diversos sectores sociales, que poco a poco va llegando a algunos políticos e instituciones del Estado.

### La crítica académica

Desde los años 60 del siglo XX, se asiste desde la Filosofía de la Ciencia a una profunda crítica a la visión tradicional (paradigma positivista). Éstos son algunos de los principales argumentos:

- La fragilidad del conocimiento inductivo parte del supuesto de que un número finito de observaciones no puede servir de base para afirmaciones de carácter general; esto reviste de provisionalidad cualquier juicio obtenido por inducción desde la experiencia, porque ésta siempre será limitada.
- Fallos en las redes de creencias. Las hipótesis no comparecen ante el tribunal de la experiencia de una en una, sino en relación con otras muchas, en forma de redes de creencias, en las cuales puede haber fallos. Un ejemplo de esto puede darlo la Física de finales del siglo XIX, en la cual la hipótesis del “éter” sustentaba a otras muchas hipótesis, todas las cuales cayeron cuando los experimentos de Michelson y Morley (1887) (entre otros) ampliaron el campo de experiencia considerado y dieron al traste con toda la construcción.
- La carga teórica de la observación: Lo que percibimos depende tanto de las impresiones sensibles como del conocimiento previo, las expectativas, los prejuicios y el estado del observador. Los datos no son anteriores a cualquier consideración teórica. Hay más bien una simbiosis entre teoría y datos. La teoría determina lo que puede medirse u observarse como datos, cuáles son relevantes, cómo se procesan e interpretan, y cómo se usan para confirmar o rechazar partes de la teoría. Esto afecta a la comparación entre teorías, que puede llegar a hacerse imposible.
- Infradeterminación: Este argumento afirma que en general siempre es posible desarrollar un número indefinido de teorías que sean compatibles con los datos pero ofrezcan explicaciones causales incompatibles entre sí.

La argumentación anterior desemboca en la afirmación de la relatividad de los modelos de justificación de las teorías: dadas una época, una sociedad y una disciplina, puede haber buenas razones para preferir unas teorías a otras. Todo esto lleva a cuestionar la noción de Ciencia como método de creación de conocimiento y resolución de problemas totalmente objetivo, acumulativo, neutro, etc. La Ciencia construye un mundo conceptual (y, mediante la tecnología, un entorno) de entre los varios mundos posibles. Que ese mundo se consolide depende de que las personas relevantes se convenzan de ello tras la correspondiente negociación. Todo esto lo argumentó Thomas S. Kuhn en torno al concepto de paradigma científico en su ensayo *La estructura de las revoluciones científicas* (Kuhn, 1962).

Lo anterior no significa abrazar un relativismo absoluto. La Ciencia proporciona del mundo una imagen convencional, pero no arbitraria. Las cosas son interpretables de diversas maneras, pero no de cualquier manera.

La relevancia de este cambio de concepción radica en que los hechos blandos producto de la investigación científica suelen ser la base para tomar decisiones duras sobre asuntos de interés general y con amplias repercusiones sociales. Sin embargo, científicos, tecnólogos y políticos suelen omitir tales limitaciones en la presentación pública de sus trabajos. La indeterminación, cuando ya no puede obviarse, es presentada como incertidumbre, que se resolverá presumiblemente mejorando métodos o invirtiendo más en investigación.

Es oportuno introducir aquí la distinción entre problemas abiertos y problemas cerrados, que puede ser trazada hasta Wittgenstein (1921). Los problemas cerrados son aquellos cuya solución se calcula aplicando un método. Determinar si el firme de una carretera soportará el paso de determinados vehículos, por ejemplo, es un problema cerrado. Los problemas abiertos son aquellos cuya solución se decide aplicando unos valores. Decidir si hay que construir o no una autopista entre dos ciudades es un ejemplo de problema abierto.

En la solución de los problemas abiertos es muy relevante la consideración de los aspectos fácticos pero es imprescindible evidenciar los valores en juego. En el ejemplo indicado antes, habrá que considerar hechos como el tamaño de las poblaciones afectadas, orografía de la región intermedia, tecnologías de construcción y transporte disponibles o costes económicos, entre otros. Pero se decidirá finalmente en función de valores como conservación del medio natural, lucha contra la contaminación, transporte colectivo frente a transporte individual, o acceso de los distintos segmentos sociales a uno u otro tipo de infraestructura, entre otros.

Los relativistas piensan que todos los problemas son abiertos. Quienes piensan, en cambio, que todos los problemas son cerrados se llaman tecnócratas, ya que su corolario inmediato

es que solamente los expertos, los que conocen los métodos de cálculo de las soluciones, pueden hablar sobre los problemas.

### Las limitaciones del constructivismo social

El constructivismo social es una escuela de pensamiento e investigación que trata de profundizar en el conocimiento de cómo se desarrollan los proyectos de ciencia y tecnología, observando y describiendo los actores que intervienen, sus interacciones, los procesos de negociación y decisión, etc. Ahora bien, desde el punto de vista de nuestro curso sus trabajos resultan de escaso valor ya que no abordan los problemas que aquí nos preocupan: cómo la ciencia y la tecnología condiciona a la sociedad y cómo esta controla o no las orientaciones del desarrollo de la ciencia y la tecnología.

### La crítica social

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial se asiste, sobre todo en las sociedades occidentales, al fin del tecno-optimismo que había dominado la etapa histórica anterior.

El lanzamiento de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki en 1945 despierta las conciencias de muchos científicos y técnicos, que comienzan un debate sobre la responsabilidad ética de sus profesiones. La publicación del Manifiesto de Einstein y Russell en 1955 supuso un verdadero punto de inflexión.

Por otro lado, desde finales de los 50 se va encadenando una sucesión de accidentes y situaciones anómalas de muchos sistemas tecnológicos que causan una alarma cada vez mayor en las opiniones públicas de muchos países: primeras explosiones en centrales nucleares (Inglaterra y la Unión Soviética, 1957), terribles efectos secundarios en medicamentos (Talidomida, 1961), primeras mareas negras (sur de Inglaterra, 1967), fallos en la seguridad en el transporte (San Francisco - Estados Unidos, 1972), fallos en los sistemas informáticos (falsa alerta roja en el NORAD - Estados Unidos, 1979), grandes catástrofes en industrias químicas como Bhopal en 1984 en la India (Lampierre, 2002) etc.

Un hecho que emerge en torno a muchos de estos episodios es la capacidad de los técnicos para emitir alertas tempranas sobre los riesgos asociados a los sistemas tecnológicos, y la contradicción ética en la que podrían incurrir si, por proteger los intereses o la imagen de sus empresas, renuncian a dar esas alertas. Se produce un gran interés por la ética en el seno de las asociaciones de científicos e ingenieros.

El auge de la preocupación ecológica es otro de los movimientos sociales que, en paralelo con los otros, va cambiando la imagen pública de la Tecnología, resaltando muchas veces la contradicción con la protección de la naturaleza. La publicación de *Silent Spring* (Rachel Carson, 1962) desencadena una avalancha de publicaciones sobre la degradación del medio que llegan al gran público. Un año antes se había fundado el World Wildlife Fund (WWF) y en 1969 Greenpeace. Las campañas de estas organizaciones no sólo abarcan

cuestiones sectoriales (como la protección de especies amenazadas), sino problemas globales relacionados con los sistemas tecnológicos: alarma por la capa de ozono (1985), calentamiento global (Cumbre de Río, 1992), etc.

### La reacción administrativa

En respuesta a la presión social, que manifiesta el temor a una tecnología sin control, las universidades y los gobiernos crean diversas agencias: Program on Technology and Society en la Universidad de Harvard (1964), Environmental Protection Agency, de Estados Unidos (1969), Office of Technology Assessment, de Estados Unidos (1972), entre otras.

Hay dos hechos significativos en esta relación de creación de instituciones. Por un lado, la mayor parte se crean en los Estados Unidos. Esto puede explicarse por ser en este país donde se originan la mayor parte de los desarrollos científicos y tecnológicos, pero también por la vitalidad del activismo estadounidense, tanto académico como social. Esto nos lleva a la segunda observación: las iniciativas se producen en los años 60 y 70, y en paralelo con otros movimientos sociales como los de afirmación de los derechos civiles de los negros, el feminismo o las protestas contra la guerra de Vietnam.

En los años 80 y 90 el ambiente político en los Estados Unidos y en el resto del mundo cambió radicalmente, dando paso a una ola de conservadurismo y al predominio de lo que se ha dado en llamar tendencias neoliberales. En este sentido, durante esos años no hay tantos logros que reseñar en el avance por el control social de la Tecnología, y los que hay tienen el impulso de la ONU y, generalmente, la oposición de Estados Unidos y otros países: Protocolo de Montreal contra los CFC (1989), Protocolo de Kyoto contra el Calentamiento Global (1998), Cumbres de la Tierra (1992, 2002), etc.

A pesar de esa desaceleración de las últimas décadas, hoy en día, en los países industrializados están generalizados mecanismos administrativos (como agencias de Medio Ambiente u oficinas de Evaluación Social de la Tecnología) que teóricamente permiten la participación social en lo relativo al desarrollo tecnológico. Sin embargo, los ciudadanos tienen la impresión de que su capacidad real para influir en las grandes políticas es irrelevante frente a la que tienen los poderes económicos.

Aún así, en los últimos años se han producido iniciativas que muestran la existencia de tímidos canales de participación ciudadana en este campo, pero se trata de iniciativas no institucionalizadas, que no son permanentes, que sólo se han centrado en sectores muy específicos y que realmente son más campañas de presión pública que verdaderos mecanismos de control social de la tecnología. Tanto los cauces institucionales como la presión directa se están mostrando como medios necesarios para llevar a la práctica una concepción distinta, no tecnocrática, de la Tecnología.

## CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD EN EL MUNDO GLOBAL ACTUAL

Llegados a este punto, parece fuera de toda duda que el futuro de la humanidad estará fuertemente condicionado por su gestión de la tecnología, en particular, su desarrollo y su aplicación. De este modo, tendremos un mapa conceptual en el que situar las cuestiones adelantadas ¿Qué tecnología desarrollar? ¿Con qué riesgos? ¿Con qué finalidad? ¿Qué tipo de desarrollo humano? ¿Qué tipo de sociedad? ¿Para qué poblaciones humanas? ¿Quién tomaría las decisiones correspondientes? desafortunadamente, las respuestas acertadas e inequívocas no están disponibles.

Lo que ya podemos avanzar es que el estudio de los problemas correspondientes debe hacerse desde diferentes enfoques, de modo multidisciplinar; y que los diferentes conocimientos disciplinares deben ser dialogados y contrastados.

Anteriormente se ha introducido la noción de tecnología como técnica basada en conocimientos científicos. Pero este proceso no está aislado. Para que la tecnología pueda resolver problemas o a satisfacer aspiraciones humanas debe pasar por un proceso de aplicación específico en una realidad social determinada. Como resultado, un producto (bien o servicio) o un proceso será puesto a disposición de determinadas personas o de la sociedad en un determinado ámbito geográfico.

Esto supone que uno o varios actores sociales con poder de decisión y de ejecución han previsto en alguna forma el interés (económico, social o medio ambiental) de llevar adelante el referido proceso y han materializado los medios para llevarlo a término. Supone también que los hipotéticos destinatarios deciden utilizar sus resultados, cambiando su comportamiento, lo que a la larga puede implicar cambios en sus formas de vida con diversas consecuencias.

La dinámica de este proceso de cambio permanente es la dinámica de cambio de la historia del ser humano, que se ha acelerado enormemente en las últimas décadas y que es previsible incrementarse su aceleración en el próximo futuro.

Los principales actores del este proceso son:

- Los Gobiernos en los diferentes niveles: local, regional, estatal, supraestatal, mundial.
- Las empresas, en particular, las financieras.
- Las ONGs y otras organizaciones de la sociedad civil.
- Las personas en su doble condición de usuarios de bienes y servicios, y de titulares, en última instancia, del poder político (en sociedades democráticas).

Es también un proceso incierto, en el que el azar siempre está presente. Todos conocemos ejemplos de descubrimientos que lo han sido por la confluencia de casualidades, incluso por errores que llevaron a resultados inesperados. Pero no por ello puede deducirse que la orientación del avance científico y tecnológico sea fruto exclusivo del destino o de la suerte.

Cuando se analiza con perspectiva temporal, se observa que la evolución de la ciencia y la tecnología ha estado condicionada por las decisiones que ha ido tomando un entramado de actores, que se configuran, evolucionan y actúan de acuerdo a unas determinadas estructuras de poder que ejercen una influencia determinante a la hora de orientar recursos materiales, energía creativa, e incluso valores en una sociedad.

Entender la complejidad de este sistema en el que se desarrollan la ciencia, la tecnología y la innovación resulta fundamental para poder intervenir en él. En particular, si aspiramos a que la tecnología contribuya de manera mucho más decidida a responder a los grandes desafíos ambientales y sociales de nuestro tiempo.

## LA INNOVACIÓN EN EL DESARROLLO HUMANO

Se ha dicho antes que la aplicación novedosa de las tecnologías está en la base de lo que comúnmente se conoce como “innovación”. Los descubrimientos científicos posibilitan el desarrollo de tecnologías que pueden servir para generar nuevas -y a menudo mejores- respuestas a determinadas necesidades de las personas o de las organizaciones.

En este sentido, la innovación difiere de la invención en que tiene que demostrar necesariamente su utilidad práctica, y ser preferida a otras alternativas preexistentes. Esta distinción es importante porque asienta el carácter transformador de la innovación, su capacidad de cambiar el mundo, e incluso, de mejorarlo.

Paulatinamente la innovación ha llegado a convertirse en un sinónimo de éxito, individual o colectivo. Hoy se repite como una letanía que el bienestar de la economía de los países y las regiones es función directa de la capacidad innovadora de sus comunidades y sus instituciones.

Pero, a pesar de la importancia que se le concede, se sabe bastante poco sobre cómo promover eficazmente la innovación. Además, las profundas y rápidas transformaciones sociales y, en particular, las enormes posibilidades que hoy existen de conexión e intercambio de información entre personas y organizaciones, está alterando la “ecología” de la innovación.

Pero en la búsqueda de un desarrollo más humano y sostenible, es importante contemplar no sólo la innovación de producto y proceso. El cambio en cómo se conciben las actividades humanas (paradigma) y en la relación con los destinatarios de dichas actividades (posición), puede tener una gran capacidad de transformación y cambio para avanzar en la senda de la sostenibilidad.

Con frecuencia la innovación de paradigma se produce al combinar elementos que no estaban inicialmente conectados. La incorporación de conocimiento periférico, que a priori podría considerarse irrelevante en un determinado contexto, puede convertirse en el detonante de la innovación.

No cabe duda de que detrás de cada innovación, hay una historia de experimentación y de prueba y, por tanto, también de muchos errores. Admitir y aprender del error es otra característica fundamental de los contextos más innovadores. Las organizaciones cuya misión es el desarrollo humano, como las ONGD y las Agencias Internacionales lo saben bien, y algunas incluso empiezan a practicarlo. “Engineers Without Borders Canada” publica cada año, junto con su memoria de actividades, una completa memoria de fallos (EWB, 2011) que comparten con sus expertos, pero también con socios y “beneficiarios” de sus programas.

La innovación no es ya el dominio exclusivo de los expertos y los tecnólogos. La búsqueda de soluciones nuevas basadas en las experiencias, las visiones y la creatividad de las comunidades locales, puede ser una fuente de inspiración muy poderosa para lograr transformaciones duraderas y adaptadas.

En este sentido, están surgiendo iniciativas pioneras en el ámbito de la lucha contra la pobreza y la sostenibilidad. Por ejemplo, la iniciativa “Grass-root Innovation” (2014) promueve la creación de redes locales innovadoras que impulsen soluciones “de abajo hacia arriba” y que respondan a la situación, intereses y valores de las comunidades implicadas y afectadas. “Positive Deviance” (2014) se basa en la hipótesis de que en toda comunidad hay determinados individuos o grupos que desarrollan comportamientos o estrategias singulares que les conducen a tener mejores respuestas a problemas comunes a toda la comunidad, aunque tengan acceso a idénticos recursos. Esto ha servido, entre otras cosas, para descubrir interesantes innovaciones en el terreno de la nutrición infantil.

Algunas de las innovaciones que han tenido una mayor repercusión en la historia del desarrollo y la cooperación internacional no han sido fruto de la transferencia directa de conocimiento desde los países donantes, sino que han surgido en los propios países receptores de la ayuda.

Pero es más, la “innovación inversa” puede aportar soluciones también a los países donantes. Como recientemente señalaba Thane Kreiner, director del Centre for Science, Technology and Society en *The Guardian* (Carus, 2012) “if you can serve the poor profitably, you can disrupt existing markets”.

Para terminar este epígrafe nos referiremos a la consideración de tres aspectos (“3Ds”) que pueden servir como una guía para orientar la innovación hacia la sostenibilidad social y ambiental, que se recogen en el “Innovation, Sustainability and Development: A New Manifiesto” lanzado en 2010 por el centro STEPS de la Universidad de Sussex, y que sintetiza algunas de las ideas expuestas:

- Dirección: Existen diferentes alternativas a la hora de encaminar el progreso científico y tecnológico, y este hecho requiere una mayor atención desde la política y la investigación.
- Distribución: Los beneficios que se derivan de cada alternativa pueden tener efectos muy diferentes entre los distintos grupos sociales. Con demasiada frecuencia los riesgos y los costes del proceso de innovación se reparten, mientras que los beneficios se concentran en unos pocos.
- Diversidad: El camino hacia la sostenibilidad tiene que realizarse desde un diálogo más abierto entre culturas y comunidades, favoreciendo la identificación de nuevas alternativas, y promoviendo su implicación en la experimentación y el desarrollo de las mismas.

## CONCLUSIONES

Como resumen de lo expuesto podemos destacar las siguientes conclusiones:

- La historia del ser humano sobre la tierra muestra que este modifica sin cesar el medio ambiente en que se desenvuelve con objeto de satisfacer sus necesidades y aspiraciones.
- La destreza para transformar el entorno es lo que llamamos Técnica. La Técnica basada en los conocimientos científicos es lo que llamamos Tecnología. La Tecnología ha transformado de forma acelerada el entorno en que se desarrolla el ser humano.
- Este fuerte desarrollo ha producido diferentes tensiones y problemas de carácter social y ecológico que han llevado a la humanidad a la urgencia de plantearse importantes preguntas para conducir su futuro.
- Las respuestas no son simples ni evidentes, y afectan a diferentes actores. Cada uno de estos actores tiene diferente conocimiento y poder en el modo de intervenir en el gobierno y gestión de este fenómeno complejo de importancia capital para un futuro sostenible de la humanidad.

- La determinación de políticas y pautas de comportamiento que encaucen adecuadamente el proceso requiere del diálogo y búsqueda permanente de consenso entre la variedad de actores implicados.
- Los procesos de innovación son complejos, por lo que la apuesta por la innovación no es sencilla y está sujeta a una gran incertidumbre, pero puede quedar ampliamente compensada por los efectos multiplicadores que aporta.

## BIBLIOGRAFIA

- Ackoff, R. A. 1971. Towards a System of Systems Concepts. *Management Science*. 17:11.
- Agazzi, E. 1998. From Technique to Technology: The Role of Modern Science. *Philosophy & Technology*, 4:2, pp1-9.
- Armstrong, K. 2006. *The Great Transformation*, Alfred A. Knopf, New York.
- Carson, R. 1962. *The silent spring*, 1962. Houghton Mifflin, Boston.
- Carus, F. *The Guardian*, 29 August 2012. Consultable: [www.guardian.co.uk/sustainable-business/reverse-innovation-social-solutions-home](http://www.guardian.co.uk/sustainable-business/reverse-innovation-social-solutions-home) [22 de Febrero de 2014].
- EWB, Failure Report, 2014. Consultable: <http://legacy.ewb.ca/en/whoweare/accountable/failure.html> [22 de Febrero de 2014].
- Grassroots Innovation. Available from: <http://grassrootsinnovations.org/about/> [20 de Febrero de 2014].
- Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of the Scientific Revolutions*. 1st ed. University of Chicago Press.
- Lampierre, D. and Moro, T. 2002. *Five past midnight in Bophal. The Epic Story of the World's Deadliest Industrial Disaster*. Warner Books, New York,
- Lenz, W., 1992. *The History of Thalidomide*. Consultable: <http://www.thalidomide.ca/history-of-thalidomide/> [28 de Febrero de 2014].
- Mainelli, M; Harris, H. 2013. *The Price of Fish: A New Approach to Wicked Economics and Better Decisions*. Nicholas Brealey Publishing. ISBN: 10: 1857885716
- Maté, J., *The story of the Ozone campaign*. September 24, 2010, Greenpeace.org. Consultable: [http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/solutions/solar\\_chill/The-story-of-the-Ozone-campaign/](http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/solutions/solar_chill/The-story-of-the-Ozone-campaign/) [22 de Febrero de 2014].
- Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens III, W. W. 1972. *The Limits to Growth*, Universe Books.

- Michelson, A.A. & Morley, E.W. (1887). "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether". *American Journal of Science* 34: 333–345.
- Mumford, L. 2006. *Technics and Civilization*. Harcourt, Brace & World, New York.
- Ortega y Gasset, J. 1961. *Meditación de la Técnica*, 4ªed. Revista de Occidente, Madrid.
- Positive Deviance Initiative. Ver: <http://www.positivedeviance.org/>. [22 de Febrero de 2014].
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (2001) *Human Development Report 2001: Making new technologies work for human development*. New York. United Nations Development Programme. Consultable: <http://hdr.undp.org/reports/global/2001/en/>. [20 de Marzo de 2014].
- Russell, B. 1946. *History of Western Philosophy*, George Allen & Unwin.
- The Nuclear Vault, n.d. Available from: <http://www2.gwu.edu/~nsarchiv/nukevault/ebb371/> [22 de Marzo de 2014].
- STEPS, n.d. *A New Manifesto*, Blog. Available from: <http://steps-centre.org/anewmanifesto/> [22 March 2014].
- Stirling, A. 2009. *Direction, distribution and diversity! pluralizing progress in innovation, sustainability and development*. Working Paper. STEPS Centre. Consultable: <http://sro.sussex.ac.uk/16081/>. [20 de Marzo de 2014].
- Tidd, J.; Bessant, J. 2009. *Managing Innovation Integrating Technological, Market and Organisational Change* 4th Edition. Wiley
- Visscher, Jan Teun; Quiroga, Edgar; García, Mariela y Galvis, Gerardo, 1997, "De transferir hacia compartir tecnología", en *Transferencia de tecnología en el sector de agua y saneamiento, una experiencia de aprendizaje de Colombia*, IRC y CINARA.
- Wittgenstein, L. 1922. *Tractatus Logico-Philosophicus*. 1st edition, ROUTLEDGE & KEGAN PAUL LTD, London.

## MATERIAL ADICIONAL

A continuación se pueden encontrar páginas web de algunas instituciones que actualmente trabajan en tecnología e innovación para el desarrollo humano. En cada una, se pueden encontrar documentos inspiradores, blogs y proyectos:

Instituciones académicas especializadas en investigación en innovación para la sostenibilidad:

- STEPS Centre: <http://steps-centre.org/>
- Stockholm Resilience Institute: <http://www.stockholmresilience.org/>
- Centro de Innovación en Tecnologías para el Desarrollo Humano: [www.itd.upm.es/](http://www.itd.upm.es/)

ONGs especializadas en tecnología para el desarrollo:

- ONGAWA: <http://www.ongawa.org/>
- Practical Action: <http://practicalaction.org/>
- EWB: <http://www.ewb-international.org/>

Programas de innovación de organizaciones multilaterales:

- Global Pulse UUNN: <http://www.unglobalpulse.org/>
- R4D (DFID): <http://r4d.dfid.gov.uk/>
- OEI: <http://www.oei.es/ciencia.php/>



FOTO: 'Stoves and ovens'. Practical Action.

CAPÍTULO

3

# Tecnología y necesidades humanas básicas

A.1

La necesidad del ingeniero global

# 3

## CAPÍTULO 3. Tecnología y necesidades humanas básicas

### EDICIÓN:

Global Dimension in Engineering Education

### COORDINACIÓN DE LA AUTORÍA:

**Agustí Pérez-Foguet y Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Alejandra Boni y Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)

**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)

**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

### COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Jaime Moreno y Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de València*)

**Angela Cordeiro y Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)

**Emily Mattiussi, Sylvia Roberge y Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Esta publicación está distribuida bajo una licencia Reconocimiento -No comercial- Compartir Igual de Creative Commons



Citación: Del Cañizo, C., Antolín, L., Fernández, A., Ramos, A. (2014) 'Tecnología y necesidades humanas básicas', en *La necesidad del ingeniero global*, GDEE (eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona.

Disponible en: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo financiero de la Unión Europea y de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Forma parte del programa [www.compromisoydesarrollo.org](http://www.compromisoydesarrollo.org), financiado por AECID y ejecutado por ONGAWA - Ingeniería para el Desarrollo Humano. El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente la opinión de las entidades financiadoras

# 3

# TECNOLOGÍA Y NECESIDADES HUMANAS BÁSICAS

**Carlos del Cañizo**, Profesor de la Universidad Politécnica de Madrid

**Leopoldo Antolín, Ángel Fernández, Alba Ramos**, ONGAWA – Ingeniería para el Desarrollo Humano

## RESUMEN

Esta sesión tiene como objetivo presentar el papel de la tecnología para satisfacer las necesidades humanas básicas. Se argumenta que la tecnología juega un papel clave en el desarrollo humano, ya sea abordando directamente las necesidades básicas (salud, nutrición, educación, etc.), o mediante la expansión de las capacidades humanas a través de un papel transversal (como se hace con los servicios energéticos, infraestructuras de transporte o de telecomunicaciones). Por este motivo, debemos exhortar a la comunidad internacional a comprometerse con el fomento de tecnologías para el desarrollo humano, identificando primero las barreras que dificultan el despliegue de soluciones tecnológicas para los pobres, y luego el desarrollo de iniciativas para ayudar a superar esas barreras. Dos sectores tecnológicos clave se presentan, uno que está directamente relacionado con las necesidades básicas (agua y saneamiento), y el otro relacionado con los impactos transversales (energía). En el caso del agua y el saneamiento, se han logrado avances importantes a nivel mundial en el acceso al agua, pero no en la prestación de servicios de saneamiento. Existen soluciones tecnológicas, pero deben combinarse con las metodologías para involucrar a la gente en su gestión, y su relación con las medidas de higiene. En el caso de la energía, es importante prestar atención a las cocinas mejoradas debido a su impacto positivo en la salud, y para la electricidad, como fuentes modernas de energía, con un amplio espectro de aplicaciones. Los puntos fuertes de la energía renovable deben destacarse como una solución ecológica para el suministro de energía descentralizada.

## RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Tras haber participado activamente en las experiencias de aprendizaje de este módulo lectivo, deberías ser capaz de:

- Visualizar el papel de la tecnología en el desarrollo humano.
- Comprender los aspectos sociales asociados a la implementación de tecnologías para el desarrollo humano.
- Conocer las tendencias y retos principales de algunas tecnologías clave.

## CONCEPTOS CLAVE

Estos conceptos te ayudarán a una mejor comprensión del contenido de este módulo:

- Tecnología para el desarrollo humano
- Tecnología para la satisfacción de necesidades básicas
- Sectores tecnológicos clave
- Agua y Saneamiento
- Servicios energéticos

## PREGUNTAS ORIENTATIVAS

Desarrolla tus respuestas a las siguientes preguntas orientativas mientras realizas las lecturas y progresas con el módulo:

- ¿Está la tecnología al servicio de las necesidades básicas de todos?
- ¿Cuáles son las principales barreras que dificultan que la tecnología esté al servicio del desarrollo humano, y cómo se pueden superar?
- ¿Cuál es la situación actual y los principales retos de algunos sectores tecnológicos clave?

## INTRODUCCIÓN

Podemos intercambiar instantáneamente con nuestros amigos el último vídeo de *youtube*, mientras que más de 800 millones de personas padecen desnutrición crónica en nuestro planeta. El presupuesto anual de la infraestructura de investigación del CERN, que recientemente probó la existencia del bosón de Higgs, está en el rango de los 1.000 millones de euros, mientras más de 2.400 millones de euros, mientras que más de 2.4000 millones de personas no disponen de saneamiento adecuado. ¿Está la tecnología realmente al servicio de las necesidades básicas de la humanidad?

Contestar a esta pregunta no es tan sencillo, ya que podemos contrapesar los contrastes descritos en el párrafo anterior con muchos ejemplos de tecnologías aplicadas con éxito para reducir la pobreza; solo hay que pensar en la expansión de las vacunas o las mejoras en las técnicas agrícolas en las últimas décadas, y en el impacto que dichas tecnologías han tenido en grandes capas de la población de países en desarrollo. No, el debate sería muy reduccionista si nos limitamos a situar la tecnología en el lado de “los Buenos” o en el de “los malos”... La tecnología, como producto social que es, responde a las dinámicas sociales, y se pondrá decididamente al servicio de las necesidades humanas básicas si conseguimos que esto sea una prioridad en nuestras sociedades. Y una vez que nosotros como comunidad internacional tomemos esa opción, tenemos que entender las fuerzas que mueven la tecnología, y analizar las barreras que impiden su desarrollo para intentar superarlas.

En esta sesión, se reflexiona sobre el papel de la tecnología en la satisfacción de las necesidades básicas, destacando los retos a los que se enfrenta, y dando algunos ejemplos de tecnologías clave para ello.

## TECNOLOGÍA Y DESARROLLO HUMANO

En el año 2000, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció los Objetivos del Milenio, con 8 objetivos y 18 metas para 2015, con el propósito de reducir la pobreza a la mitad, abordando la extrema pobreza en sus diversas manifestaciones y promoviendo la igualdad de género, la educación y la sostenibilidad medioambiental (ver tabla 1). Estamos ya cerca de 2015, y a partir de la evaluación de lo conseguido y lo pendiente, se debate en estos momentos cuál ha de ser el siguiente paso.

**Tabla 1** *Objetivos del Desarrollo del Milenio (Odm) y sus metas*

OBJETIVOS	METAS
1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre	-Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, la proporción de personas que sufren hambre.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, la proporción de personas cuyos ingresos son inferiores a un dólar diario.</li> <li>-Conseguir pleno empleo productivo y trabajo digno para todos, incluyendo mujeres y jóvenes.</li> </ul>
2. Lograr la enseñanza primaria universal	-Asegurar que en 2015, la infancia de cualquier parte, niños y niñas por igual, sean capaces de completar un ciclo completo de enseñanza primaria.
3. Promover la igualdad de géneros y la autonomía de la mujer	-Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria, preferiblemente para el año 2005, y en todos los niveles de la enseñanza antes de finales de 2015
4. Reducir la mortalidad infantil	-Reducir en dos terceras partes, entre 1990 y 2015, la mortalidad de niños menores de cinco años.
5. Mejorar la salud materna	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducir en tres cuartas partes, entre 1990 y 2015, la mortalidad materna.</li> <li>-Lograr el acceso universal a la salud reproductiva</li> </ul>
6. Combatir el SIDA, la malaria y otras enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Haber detenido y comenzado a reducir la propagación del VIH/SIDA en 2015.</li> <li>-Lograr, para 2010, el acceso universal al tratamiento del VIH/SIDA de todas las personas que lo necesiten.</li> <li>-Haber detenido y comenzado a reducir, en 2015, la incidencia de la malaria y otras enfermedades graves</li> </ul>
7. Garantizar la sostenibilidad medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente.</li> <li>-Haber reducido y haber ralentizado considerablemente la pérdida de diversidad biológica en 2010.</li> <li>-Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.</li> <li>-Haber mejorado considerablemente, en 2020, la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales.</li> </ul>
8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarrollar aún más un sistema comercial y financiero abierto, basado en normas, previsible y no discriminatorio.</li> <li>-Atender las necesidades especiales de los países menos adelantados.</li> <li>-Atender las necesidades especiales de los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo.</li> <li>-Encarar de manera integral los problemas de la deuda de los países en desarrollo con medidas nacionales e internacionales para que la deuda sea sostenible a largo plazo.</li> <li>-En cooperación con las empresas farmacéuticas, proporcionar acceso a los medicamentos esenciales en los países en desarrollo a precios asequibles.</li> <li>-En cooperación con el sector privado, dar acceso a los beneficios de las nuevas tecnologías, especialmente las de la información y las comunicaciones.</li> </ul>

En cualquier caso, no se traen aquí a colación los Objetivos del Milenio por el debate sobre su continuidad, sino para señalar que, si los OdM expresan un consenso de lo que se ha de hacer para reducir la pobreza y satisfacer las necesidades básicas, parece a primera vista que la tecnología (al menos, lo que pensamos que es la tecnología cuando oímos la palabra) no está presente de forma explícita en los objetivos, aparte de en el objetivo 7 y en un par de metas del objetivo 8... Pero esto no es totalmente cierto, puesto que la tecnología puede ser una pieza clave para alcanzar muchos de los objetivos, o, generalizando, es una herramienta clave para abordar la mayoría de las dimensiones de la pobreza, y por tanto para ayudar a satisfacer las necesidades humanas básicas en todo el mundo.

Las propias Naciones Unidas promovieron una reflexión sobre el papel de la tecnología para el desarrollo humano, con ocasión del Informe de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) de 2001, que nos servirá como guía para esta sección [PNUD, 2001]. Y posteriormente, explícitamente relacionó el cumplimiento de los OdM al desarrollo tecnológico; tal y como explica el UN Millennium Project: “La clave para superar la trampa de la pobreza es aumentar el capital social de la economía – en infraestructura, recursos humanos, y administración pública- hasta el punto de acabar con la espiral descendente y propiciar un crecimiento económico sostenible. Esto requiere un fuerte impulso de inversiones básicas de ahora a 2015 en infraestructuras clave (carreteras, electricidad, puertos, agua y saneamiento, suelo accesible para viviendas, gestión medioambiental), en recursos humanos (nutrición, control de enfermedades, educación), y en administración pública.” [Sachs et al, 2005]

¿Y cómo podemos describir este papel clave de la tecnología en la satisfacción de necesidades humanas? La figura 1 esquematiza, según el PNUD, la forma en la que los cambios tecnológicos contribuyen a las capacidades humanas, impulsando así el desarrollo humano. Hay tecnologías que directamente amplían esas capacidades (por ejemplo, las infraestructuras de agua potable que reducen las enfermedades hídricas, o las técnicas agrícolas que aumentan la productividad de los cultivos). Junto a estas, también hay influencias indirectas, porque la tecnología produce crecimiento económico e incrementos de productividad, liberando recursos económicos que pueden dedicarse a educación, salud u otras necesidades básicas, o reinvertirse en el desarrollo de nuevas tecnologías. También se establece el vínculo en el otro sentido, gracias a un aumento de conocimiento y creatividad derivado del desarrollo de las capacidades humanas, que puede inducir la propuesta de innovaciones y nuevas tecnologías.

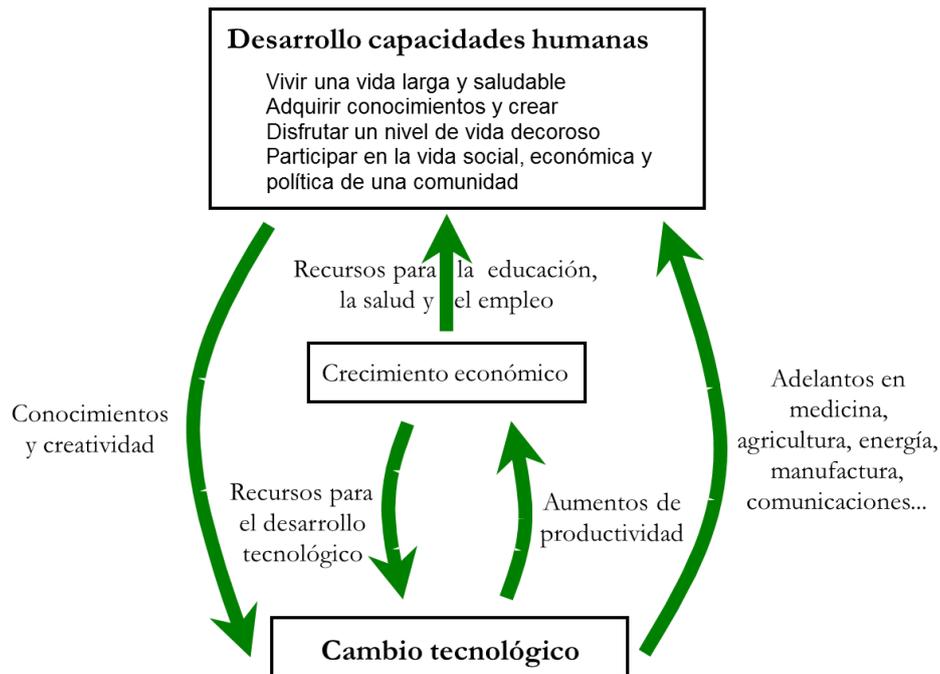


Figura 1 El círculo virtuoso de la tecnología y el desarrollo humano

Podríamos identificar la tecnología al servicio del desarrollo humano como aquella que sirve directamente a las capacidades humanas o al desarrollo humano (donde la medicina, las comunicaciones, la agricultura, la energía o la fabricación se mencionan explícitamente en el esquema, pero podríamos añadir algunas otras como el agua, el saneamiento, la vivienda...), y ése el sentido que usamos en este texto, pero no hay que perder de vista la perspectiva general, en la que la conexión indirecta no debe obviarse: por ejemplo, las ganancias de productividad en la fabricación textil o en el comercio inducidas por la tecnología pueden contribuir de forma significativa al desarrollo humano si los recursos económicos adicionales liberados por dichas ganancias se invierten en necesidades básicas.

En cualquier caso, la figura 1 muestra un círculo virtuoso, que dibuja un horizonte de progreso continuo e incremental... lo cual, sinceramente, no parece que ocurra en la realidad, si tenemos en cuenta la distribución de la pobreza y la expansión de la desigualdad en todo el mundo. Pero esto no debería resultarnos sorprendente: la tecnología no es más que un producto social, y como tal responde a las demandas y prioridades de la sociedad. Y puesto que la tendencia dominante en la sociedad no ha sido la de priorizar la erradicación de la pobreza sino la de satisfacer las necesidades de los pudientes, la tecnología, en términos generales, ha estado al servicio de las necesidades de los mismos.

Así, en este tema sobrevuela una cuestión de voluntad política, donde llamamientos como el expresado por el Proyecto del Milenio de NU arriba mencionado debería servir

para priorizar el uso de la tecnología para el desarrollo humano y la satisfacción de necesidades básicas.

En la tabla 2 se presenta un listado de sectores tecnológicos que abordar. Se puede ver que no se ha incluido el sector médico (vacunas y otros medicamentos), pero eso no se debe a que no reconozcamos su importancia, sino porque, al contrario, pensamos que necesita un tratamiento específico.

*Tabla 2 Clasificación de las principales tecnologías para el desarrollo humano.*

AREA	SECTOR TECNOLÓGICO
Servicios básicos	Infraestructuras educativas Infraestructuras sanitarias Agua y saneamiento Vivienda
Infraestructuras de propósito general	Transporte Servicios energéticos Información y Comunicación (TIC)
Producción	Agricultura, ganadería, pesca Silvicultura Industria
Multisectorial	Protección medioambiental

Pero incluso si hiciéramos caso a los llamamientos a priorizar tecnologías para el desarrollo humano, y la voluntad política se impusiera en la comunidad internacional, hay que reconocer la existencia de barreras objetivas que complican hacer la realidad las promesas de la tecnología. El PNUD menciona 4 en su informe de 2001:

*Necesidades distintas en salud, agricultura y energía.* Muchas de las tecnologías necesarias para progresar en agricultura, salud y energía son diferentes para climas templados y tropicales. De forma que las soluciones tecnológicas desarrolladas en países industrializados concebidas para abordar sus propios retos no se pueden transferir tan directamente a zonas tropicales.

*Bajos ingresos, instituciones débiles, infraestructuras escasas.* Los bajos ingresos, el analfabetismo, la falta de infraestructuras técnicas y la debilidad de las infraestructuras

administrativas, suponen una carencia básica para adoptar y adaptar las tecnologías en países pobres.

*Mercados globales, precios globales.* En un mercado global, se establece típicamente un precio similar en todos los países para un producto dado, lo cual puede hacer que esté fuera del alcance de los más pobres. Una estrategia que podría considerarse inteligente para un producto tecnológico sofisticado (como puede ser un medicamento para el SIDA, por ejemplo) podría ser la de dividir el mercado global en diferentes segmentos, en función de la capacidad de pago, lo cual sería beneficioso para los países en desarrollo. Pero el miedo a las reimportaciones y a las reacciones de los que pagan más, potencian el mantenimiento de precios únicos.

*Falta de capacidad técnica en muchos países.* Por capacidad tecnológica nos referimos a la de poder desarrollar nuevas tecnologías, o adaptar las tecnologías importadas, lo cual se hace necesario para atender las necesidades básicas de la población más pobre, que no puede esperar que sea sólo el mercado el que lo haga. Pero para eso hace falta un sistema educativo sólido (incluyendo estudios universitarios) y un ambiente apropiado para la investigación, el desarrollo y la innovación, lo cual no es para nada fácil de establecer.

Para superar estas barreras, se han de hacer esfuerzos importantes en aspectos institucionales y regulatorios, y el PNUD da también algunas ideas básicas para diseñar una hoja de ruta en la apuesta por tecnologías para la satisfacción de necesidades básicas en países en desarrollo:

- Mejorar las infraestructuras públicas básicas: agua, saneamiento, energía, transporte y telecomunicaciones.
- Mejorar la calidad del sistema educativo, especialmente en ciencia y tecnología.
- Crear redes entre universidades en el ámbito regional y global.
- Aprovechar el éxodo de profesionales, movilizándolos en favor del desarrollo de sus países de origen.
- Fortalecer las competencias profesionales en el mercado laboral, invirtiendo en formación.
- Promover la innovación, diseñando políticas nacionales, basadas en la identificación de sectores tecnológicos prioritarios en los que invertir.

Por último, el PNUD propone lanzar unas iniciativas mundiales para construir una tecnología al servicio del desarrollo humano:

*Crear asociaciones innovadoras para la investigación y el desarrollo, aunando esfuerzos públicos, universitarios y privados.* Esta triple alianza puede aportar nuevos

enfoques para crear tecnologías o sacar partido de las ya existentes. Pero tiene que estar bien equilibrada, para que cada socio aporte realmente su visión y ventaja comparativa.

*Gestionar adecuadamente los derechos de propiedad intelectual.* Se debe alcanzar un equilibrio entre el incentivo a la innovación y el interés público, para evitar que los derechos de propiedad intelectual sean una barrera que impida la expansión de los beneficios derivados de los avances tecnológicos.

*Aumentar las inversiones en tecnologías centradas en la erradicación de la pobreza y el desarrollo humano.* Ya que las prioridades de la investigación privada se definen por el beneficio económico, la inversión pública es esencial para las aplicaciones que no pueden ser atendidas por el mercado, y los poderes públicos deben tomar el liderazgo para promoverlas, trabajando estrechamente con la industria.

*Dar apoyo institucional regional y mundial.* Sin cooperación internacional, la provisión de muchos bienes públicos puede quedar relegada. Se necesitan iniciativas regionales, y también mundiales para evitarlo.

Estas reflexiones en torno al papel de la tecnología para el desarrollo humano, impulsadas por el PNUD, han tenido un impacto en políticas internacionales, regionales y nacionales, y aunque todavía hay mucho que hacer, también es cierto que se han dado algunos pasos importantes. En las próximas secciones, veremos brevemente hasta qué punto esto ha sido así analizando dos sectores tecnológicos: el del agua y el saneamiento, y el de los servicios energéticos. Hemos escogido estos dos sectores como representativos de dos “tipos de tecnología”: una con un impacto inmediato en la salud y por tanto en el desarrollo humano, y otra con un carácter más transversal, al servicio de un amplio espectro de necesidades.

## SECTOR TECNOLÓGICO 1: AGUA Y SANEAMIENTO

### El alcance del problema

El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública, fundamentales para preservar la salud humana, especialmente entre los niños. El agua es una necesidad básica, se utiliza, entre otros, para el consumo, el saneamiento básico, la higiene personal, la producción de alimentos y la limpieza.

Las enfermedades relacionadas con el agua son la causa más común de enfermedades y muertes en los países del sur. La falta de suministro de agua potable y un inadecuado saneamiento e higiene, están directamente relacionados con diversas

enfermedades como la diarrea, la malaria, la esquistosomiasis, el tracoma, helmintos intestinales, etc.

Según la Organización Mundial de la Salud, 1,8 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas (incluido el cólera) y 1,3 millones de personas mueren de malaria cada año, el 90% de los cuales son niños menores de 5 años. Una mejor gestión de los recursos hídricos, un acceso seguro a las instalaciones de agua y saneamiento y una mejor higiene, ayudan a reducir significativamente la mortalidad.

El acceso al agua potable y al saneamiento es también fundamental para el logro de una vida digna, el acceso a educación y oportunidades de trabajo y también contribuyen notablemente al desarrollo y el crecimiento económico.

Algunos de los beneficios directos que el acceso seguro al agua potable y saneamiento conlleva para las personas, son los siguientes:

- De 0 a 4 años: Reducción de la mortalidad infantil.
- De 5 a 14 años: Fomento de la asistencia a la escuela, principalmente de las niñas.
- De 15 a 59 años: Aumento de la productividad.
- Las personas mayores de 60 años aumentan su esperanza de vida.

### Situación Actual

Según el último informe de Naciones Unidas sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, “The Millennium Development Goals Report 2013” [UNDP, 2013], en los últimos 21 años, más de 2,1 millones de personas obtuvieron acceso a fuentes mejoradas de agua potable.

En 1990, el 76% de la población mundial tenía acceso a una fuente mejorada de agua. En 2010 la cobertura aumentó hasta el 89 por ciento de la población total; aunque a pesar de los avances, 768 millones de personas en el mundo siguen sin contar con un acceso a una fuente mejorada de agua.

La siguiente figura muestra los avances en el acceso al agua entre 1990 y 2011 en las diferentes regiones del mundo.

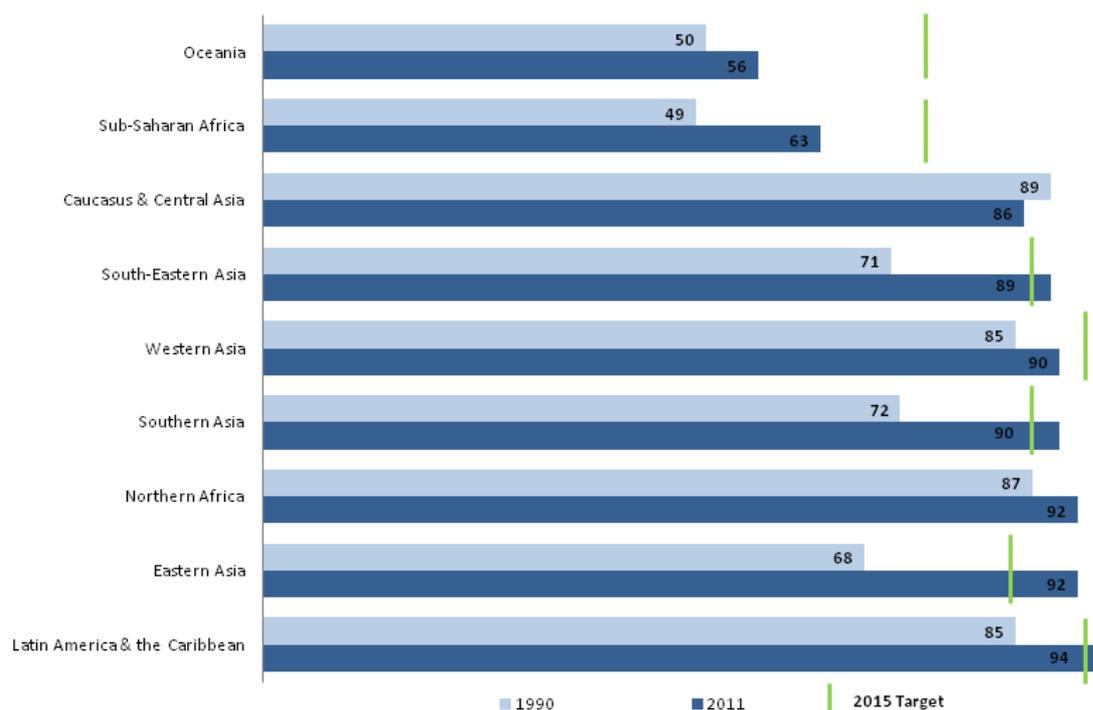


Figura 2 Porcentaje de población con acceso a fuentes de agua mejoradas, 1990 [UNDP, 2013]

La cobertura de agua potable se ha incrementado en todas las regiones, excepto la región del Cáucaso y Asia Central. África subsahariana y Oceanía son las regiones con menor cobertura de agua potable en el mundo y el 83 por ciento de la población sin acceso a una fuente mejorada de agua potable (636 millones) vive en zonas rurales. La Figura 3 muestra el porcentaje de la población en los distintos países del mundo, que utiliza fuentes mejoradas de agua potable en 2011.

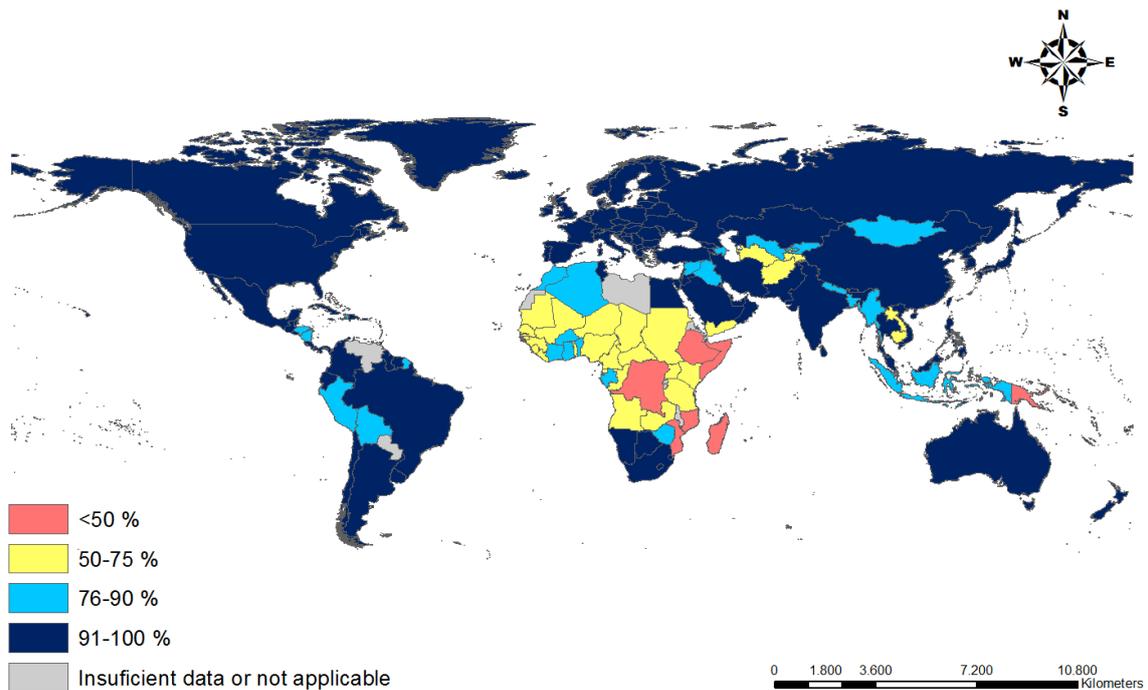


Figura 3 Porcentaje de la población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable en 2011

A pesar de las mejoras que se han producido en los últimos años, todavía existen muchas fuentes de agua mejoradas que no se consideran seguras debido a la mala calidad de las aguas. Es importante tener en cuenta que el mapa de la figura anterior no considera la calidad de agua, sino únicamente si la fuente existente tiene algún tipo de mejora, a pesar de que dicha mejora no sea suficiente para garantizar un acceso seguro al agua. Por ello, teniendo en cuenta la calidad del agua, el número de personas sin acceso al agua potable puede ser de dos a tres veces mayor que las estimaciones oficiales. Por lo tanto, muchos de los países representados en el mapa con color amarillo o incluso azul pasarían a estar de color rojo.

En cuanto al saneamiento las cifras son notablemente peores. Más de de 2,5 billones de personas en el mundo carecen de instalaciones mejoradas de los cuales 1 billón continúa practicando la defecación al aire libre. De 1990 a 2011, 1,9 billones de personas obtuvieron acceso a una letrina u otros servicios de saneamiento mejorados. Los mayores progresos se han hecho en Asia oriental, donde la cobertura de saneamiento aumentó del 27% en 1990 al 67% en 2011.

África subsahariana y Asia meridional son las regiones con menor cobertura de saneamiento. En África subsahariana, el 44% de la población utiliza instalaciones no mejoradas, y se estima que un 26% practican la defecación al aire libre. En el sur de Asia, la proporción de la población que usa instalaciones no mejoradas ha disminuido al 18%, pero es la región con mayor defecación al aire libre (39%). La figura 4 muestra el porcentaje de la población en 1990 y 2011 según las diferentes prácticas de

saneamiento. Muchas personas en el mundo han mejorado sus condiciones de saneamiento, pero las mejoras no son suficientes para lograr la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en materia de saneamiento.

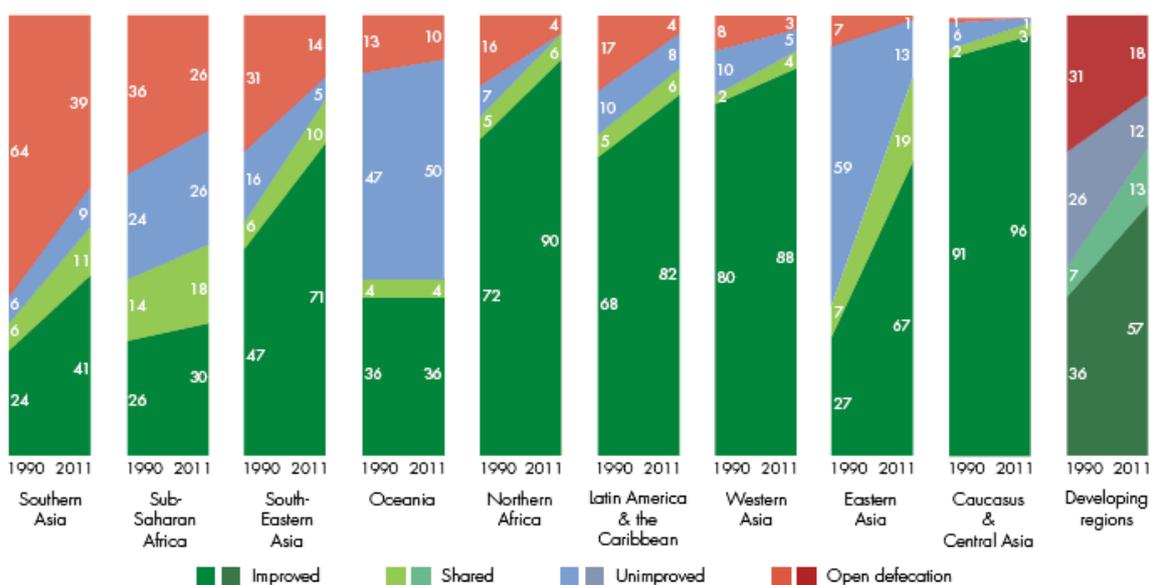


Figura 4 Porcentaje de la población según las diferentes prácticas de saneamiento [UNDP, 2013]

### Intervenciones prioritarias y futuros desafíos

En materia de agua y saneamiento, las intervenciones prioritarias se centran principalmente en la mejora de las prácticas de saneamiento. Nadie debe practicar defecación al aire libre y todas las personas deben tener acceso a servicios de saneamiento. En agua, la mala calidad es un tema muy importante que hay que resolver. Todas las escuelas y centros de salud deberían tener acceso a un agua segura y saneamiento mejorado, así como fomentar unas buenas prácticas de higiene.

La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente, en 2010, el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. Esta resolución ha cambiado el enfoque de los proyectos de agua y saneamiento y ha hecho que se redefina el concepto de acceso. Según el nuevo enfoque, el acceso al agua y saneamiento tiene cinco aspectos clave: disponibilidad, calidad, aceptabilidad, accesibilidad y asequibilidad. [Albuquerque et al, 2012]. Para la nueva agenda de desarrollo “post 2015”, se están considerando los siguientes desafíos a implementar:

- Lograr el acceso universal al agua y saneamiento.
- Protección de los recursos hídricos.

- Gestión de Riesgos Naturales: Prevención de inundaciones y sequías.
- La participación ciudadana en la gestión del agua.
- Uso eficiente de los recursos hídricos.

### Algunas tecnologías y metodologías apropiadas

El modelo de intervención en los proyectos de agua, saneamiento e higiene (WASH), que se muestra en la figura 5, combina la ejecución de infraestructuras de abastecimiento con campañas de sensibilización de buenas prácticas higiénicas, incluida la construcción y uso de letrinas. El impacto positivo en la salud se incrementa cuando los proyectos de agua integran la mejora del saneamiento y la educación en buenas practicas higiénicas. [Ramos et al, 2013].

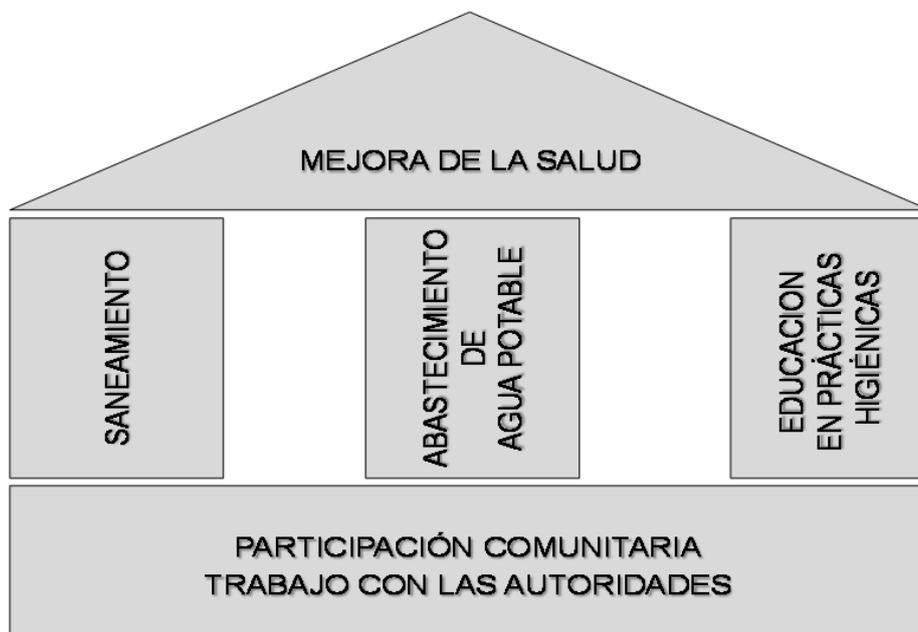


Figura 5 Modelo de intervención de agua, saneamiento e higiene (WASH)

Para asegurar la sostenibilidad de los proyectos, se debe garantizar que las instalaciones de agua y saneamiento son utilizables durante un período considerable de tiempo y las tecnologías que se utilicen deben seguir los siguientes criterios:

- La tecnología debe ser comprensible para las personas responsables de la operación y el mantenimiento.
- Lo equipos y repuestos deben ser fácilmente obtenibles en la región.
- Los costos de operación y mantenimiento deben estar al alcance de los usuarios.
- La tecnología debe ser aceptable para los beneficiarios.

## Tecnologías para el Abastecimiento de Agua

El agua para consumo humano suele ser captada tanto de aguas superficiales como subterráneas y en algunos casos, directamente de la lluvia. Los principales métodos utilizados para captar el agua son los siguientes:

- Recolección de agua de lluvia
- Pozos subterráneos
- Puntos de captación en ríos, embalses y lagos
- Captación de agua en manantiales

*Agua de lluvia:* Principalmente, se recoge de los techos de las casas y edificios comunitarios. Los techos deben limpiarse con frecuencia y el agua se suele almacenar en tanques cercanos.

*Aguas subterráneas:* El uso de las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua en las zonas rurales es, a veces, la única opción. La disponibilidad de las aguas subterráneas no varía tanto como en las superficiales, por eso es una buena opción para los períodos de sequía. La captación de agua subterránea necesita cierta inversión inicial, pues es necesario perforar y construir un pozo y la implementación de un sistema de bombeo. El sistema de bombeo debe estar diseñado de acuerdo a las necesidades de la población y debe ser asequible.

Las poblaciones rurales de los países del sur son a menudo pequeñas, aisladas y con bajo poder adquisitivo, por lo que las bombas manuales son la tecnología más utilizada, ya que son la mejor opción en cuanto a coste-eficacia. A continuación se relacionan a continuación algunos de los tipos de bombas manuales más utilizadas:

- Bombas de émbolo. Se subdividen a su vez en aspirantes (con altura máxima de aspiración en torno a 7,5 m) e impelentes (tienen el émbolo sumergido y pueden impulsar en pozos con el nivel de agua por debajo de los 50 m desde la cota del terreno). Estas últimas se han desarrollado enormemente en los últimos años. Entre las más conocidas en contextos de desarrollo pueden citarse las siguientes: Afridev, India Mark, y Nira. Todas ellas tienen una gran implantación en Asia y África.
- Bombas volumétricas de canjilones. La más usual es la bomba de mecate o bomba de cuerda. En este tipo de bombas el agua es elevada mediante el deslizamiento de unos émbolos ensartados en una cuerda, por el interior de un tubo de plástico, en un movimiento ascendente continuo que dificulta el retroceso del agua atrapada sobre ellos. La región de mayor

utilización de estas bombas es Centroamérica, aunque también se están implantando en algunas zonas de África.

*Agua superficial:* La captación debe estar situada en un manantial o río que no sea estacional. Lo que significa que es muy importante que el río o manantial donde se sitúe la captación mantenga su caudal durante todo el año. La captación debe estar debidamente protegida de posibles fuentes de contaminación. En la siguiente figura se muestran las características principales de una captación en un manantial.

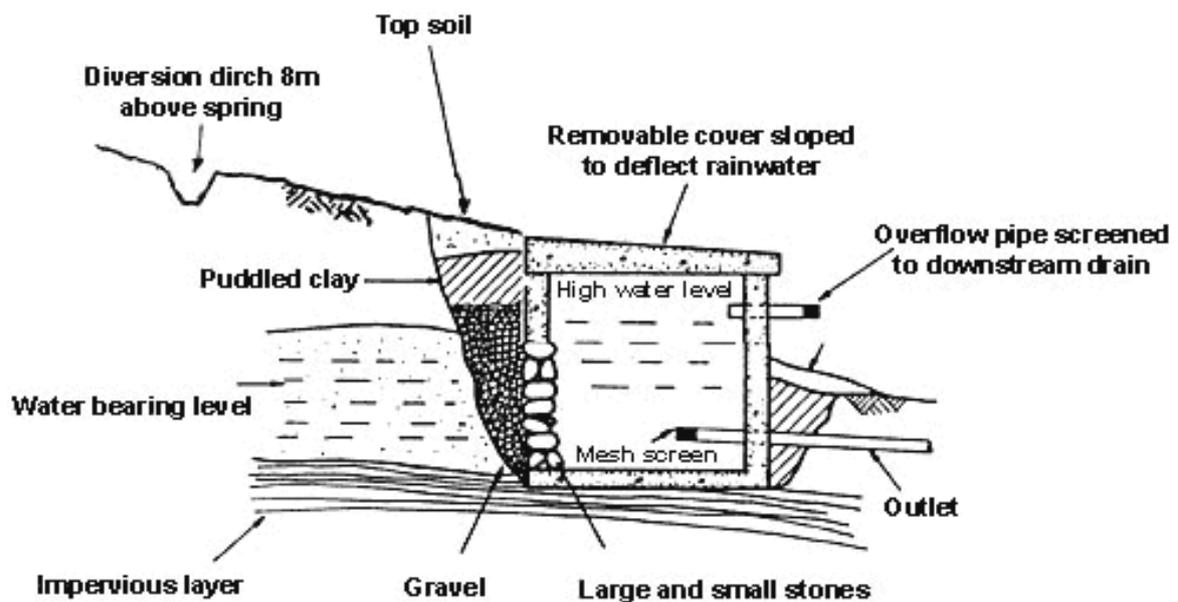


Figura 6 Sección de una captación en un manantial

### Tecnologías para el saneamiento básico

En zonas rurales y zonas urbanas marginales, el saneamiento básico se suele realizar mediante letrinas. Las letrinas VIP (Ventilated Improved Pit Latrines) es la tecnología más utilizada (ver figura 7). Este tipo de letrinas se diferencian de las tradicionales por tener un tubo de ventilación que impide la entrada de insectos y malos olores.

El aire entra por el orificio de la letrina y pasa por el tubo de ventilación, creando una corriente de aire ascendente. El movimiento ascendente del aire elimina los malos olores. El tubo de ventilación tiene una malla de calibre fino en la parte superior, para evitar la entrada de moscas. El interior de la letrina necesita tener una estructura estable con un techo.

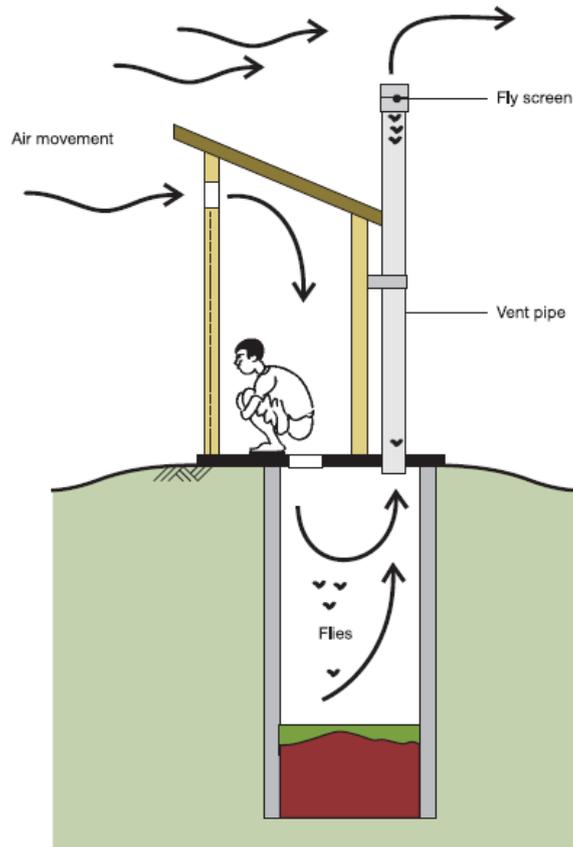


Figura 7 Letrina VIP (Ventilated Improved Pit Latrine)

### Metodologías para la promoción de la higiene

Con el fin de mejorar la higiene, educar y promover hábitos higiénicos adecuados, a continuación se mencionan algunos métodos participativos, que habitualmente se utilizan [Peal et al, 2012], [Gibbs et al, 2002].

**PHAST (Participatory Hygiene and Sanitation Transformation):** es una metodología de aprendizaje participativo que busca ayudar a las comunidades a mejorar los hábitos de higiene, reducir las enfermedades diarreicas y fomentar una gestión eficaz de los servicios de agua y saneamiento comunitarios. Esta metodología establece las actividades participativas que se desarrollan en la comunidad.

**CHC (Community Health Clubs):** Los CHC son organizaciones voluntarias que promocionan, de una forma informal, las buenas prácticas higiénicas en la familia. Varían en tamaño y composición de 40 a 200 personas, hombres, mujeres y niños de todos los niveles de educación. Estas organizaciones son formadas por una persona externa especializada en higiene, que les enseña actividades de promoción de higiene para que las desarrollen con las familias de la comunidad.

**WASH en colegios:** Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) en las escuelas se centra en proporcionar a los niños un ambiente de aprendizaje eficaz y saludable y cambiar el comportamiento de higiene de los escolares. Esta metodología reconoce y utiliza la capacidad de los escolares para actuar como agentes de cambio dentro de una comunidad.

**Child-to-Child (CtC):** es un enfoque de promoción de la salud y desarrollo comunitario que se lleva a cabo por los niños y niñas. Se basa en la creencia de que los niños y niñas pueden participar activamente en sus comunidades y en la solución de los problemas.

## SECTOR TECNOLÓGICO 2: ENERGÍA

### Situación general

En los países desarrollados existe el acceso universal a la electricidad, mientras que aproximadamente el 22% de la población mundial (más de 1500 millones) no tiene ningún acceso a la electricidad. Por otra parte, la biomasa (leña, carbón vegetal, residuos animales o agrícolas, etc.) es la única fuente de energía para cerca del 40% de la población mundial (2700 millones). Más del 95% de esta población pertenece a África subsahariana o a regiones subdesarrolladas de Asia, según se muestra en las figuras 8 y 9.

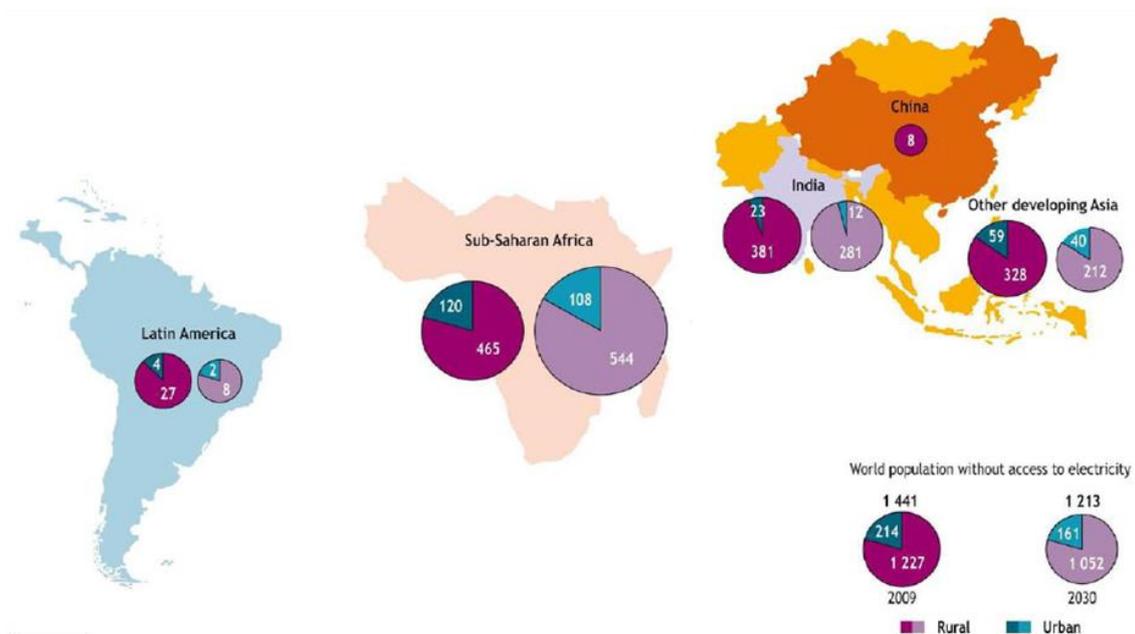


Figura 8 Población mundial sin acceso a la electricidad [IEA 2010]

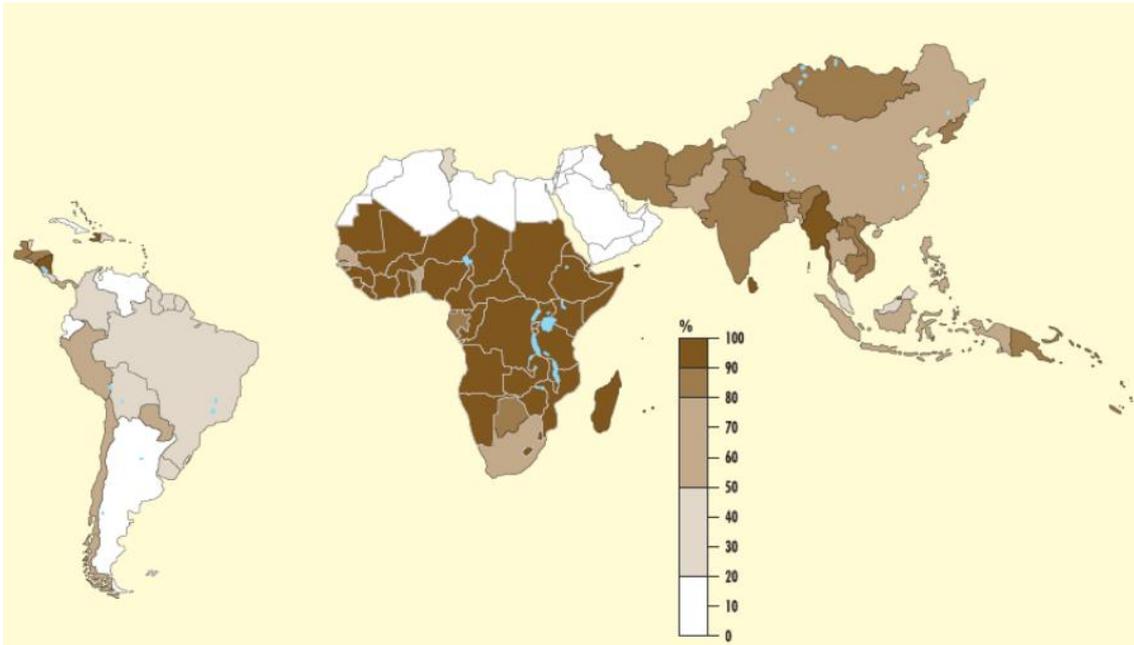


Figura 9 Porcentaje de la población que depende de la biomasa. [IEA 2006]

Es evidente que el acceso a fuentes modernas de energía, la electricidad especialmente, es esencial para vencer la pobreza [PNUD, 2005]. En la figura 10 se observa como aquellos países que consumen menos electricidad tienen un bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH); y como para alcanzar un IDH por encima del 0,8 es imprescindible un gran aumento del consumo energético per cápita, mientras que con sólo un pequeño aumento del consumo se consigue un gran avance en el IDH de los países pobres.

Existe además una sólida experiencia que demuestra que evitando ambas, falta de electricidad y dependencia de biomasa como fuente única, decrecen de manera importante las enfermedades respiratorias y las desigualdades de género. Por ejemplo, en la figura 11 se compara el impacto de la polución del aire en las viviendas (debidas principalmente al uso de la biomasa) sobre el número de muertes prematuras anuales y otras enfermedades (como la malaria, la tuberculosis y el VIH).

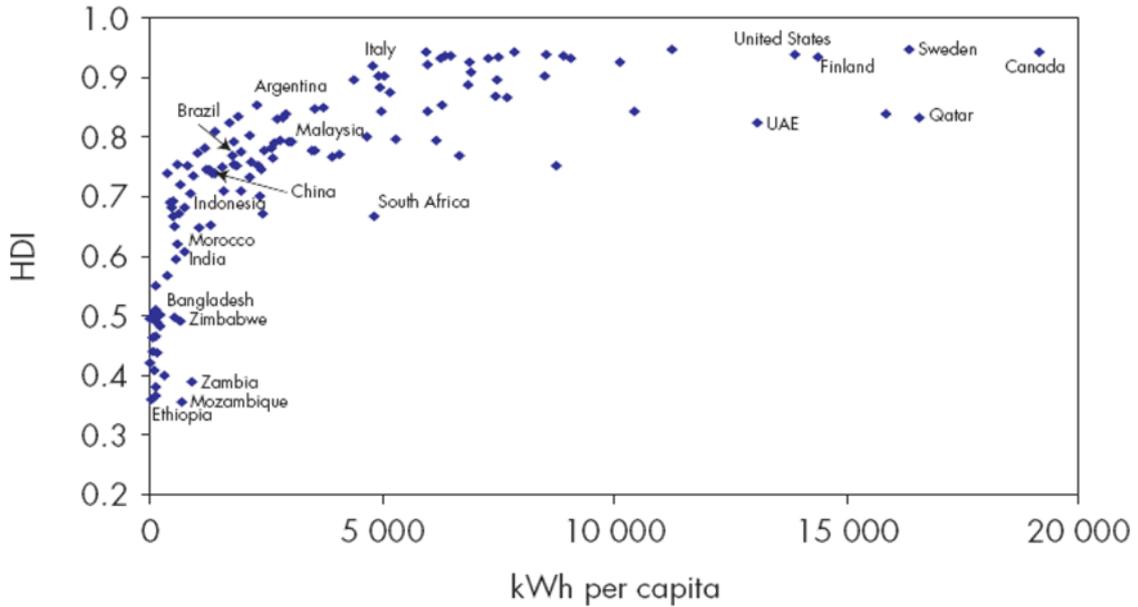


Figura 10 Relación entre el Índice de Desarrollo Humano (HDI) y el consumo anual de electricidad per capita. [IEA 2004]

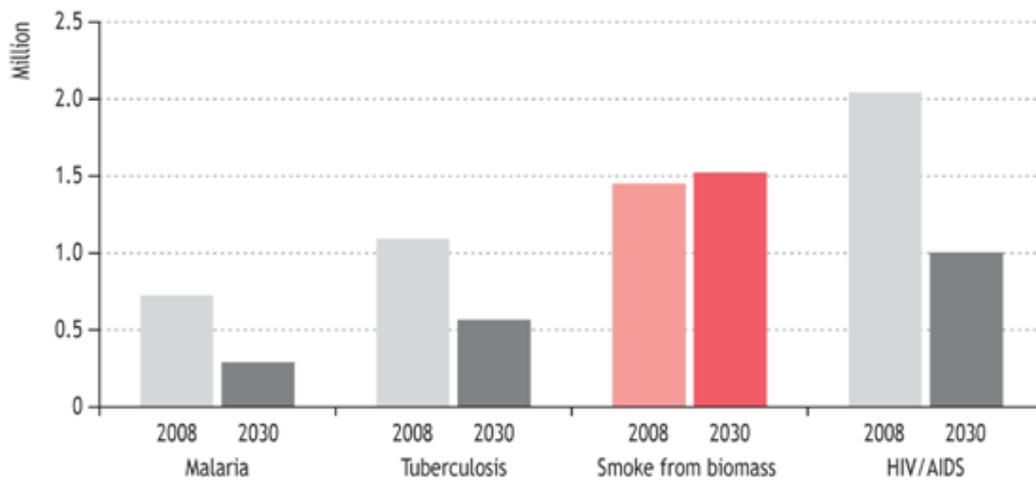


Figura 11 Muertes prematuras anuales en 2008 debido a la contaminación del aire en las viviendas y a otras enfermedades, y proyecciones de la Organización Mundial de la Salud para el año 2030. [IEA 2010]

El PNUD considera que es necesario para una vida digna un consumo de energía de 0,5 kWh/día per capita. Este valor es alrededor de 0.22 kWh/día en los países más pobres, mientras que, en los más ricos, es cien veces más: 22 kWh/día.

La reducción de esta desigualdad no es tanto un problema técnico o económico sino político. Con sólo el 3% adicional de las inversiones mundiales previstas en energía hasta el año 2030 se alcanzaría el acceso universal a la energía en ese año. En este sentido, resulta clave valorar la sostenibilidad de las fuentes de energía: las energías

renovables son esenciales para enfrentar este problema; además, ayudan a combatir el cambio climático [IEA 2013].

### Intervenciones prioritarias

Enmarcándolos en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, los usos comunitarios, sociales y productivos de la energía deben gozar de prioridad, teniendo siempre en cuenta la perspectiva que aportan las llamadas tecnologías apropiadas.

Tomando la energía eléctrica como referencia, se consideran prioritarios los usos siguientes:

- Servicios de salud: iluminación, refrigeración de vacunas y medicamentos, otro equipamiento sanitario, preparación de alimentos, calefacción y aire acondicionado donde sea necesario.
- Instalaciones de educación y formación: similar al caso anterior pero con algunas particularidades para el uso de ordenadores, proyectores, videos o medios de comunicación.
- Instalaciones de telecomunicación: facilitan la conexión de aldeas aisladas con el resto del mundo. Aunque la energía consumida por estas instalaciones es muy pequeña normalmente, su efecto es muy importante: teléfono, radio, televisión, telemedicina, acceso a correo electrónico, internet, etc.
- Instalaciones de bombeo de agua: suministran agua potable y agua para la agricultura y ganadería.
- Instalaciones de producción: pequeñas agroindustrias para procesar productos agrícolas, ganaderos o piscícolas de la zona, talleres electro-mecánicos, etc.
- Otras, como puntos de carga de baterías, teléfonos móviles, etc.

Aparte de estas prioridades para satisfacer necesidades básicas, debería considerarse la electrificación domiciliar si las condiciones económicas lo permiten.

### Opciones tecnológicas

La opción tecnológica debe ser aquella apropiada a las características específicas de cada emplazamiento. Las soluciones a base de generadores diésel, ampliamente utilizadas hasta ahora, están siendo desplazadas por energías renovables. Estas últimas se han revelado como un medio extraordinario para la electrificación en países en vías de desarrollo, especialmente en zonas rurales alejadas de la red eléctrica

nacional. La mayor parte de la población sin acceso a la energía se encuentra en el entorno rural, en gran parte de estos casos la extensión de la red eléctrica no se puede acometer por motivos económicos o técnicos, y los sistemas de generación aislados son la solución viable. Se distingue entre sistemas aislados con un tipo único de fuente de generación de energía (sistemas aislados) o aquellos que consideran más de un recurso energético (sistemas aislados híbridos). Las principales características de los sistemas aislados es que necesitan de sistemas de regulación y de almacenamiento de la energía (típicamente baterías). Un obstáculo frecuente de estos sistemas es que se necesita una fuerte inversión inicial.

Las ventajas principales de las tecnologías apropiadas, basadas en energías renovables, son:

- Se trata de recursos naturales distribuidos que fácilmente se encuentran en cualquier emplazamiento.
- Son proyectos modulares, ajustables al entorno familiar o comunitario, y escalables.
- Tanto la tecnología como el mantenimiento son relativamente sencillos.
- No existe coste de combustible.
- Considerando las precauciones oportunas no tienen impacto negativo sobre el medio ambiente.

Las fuentes de energía que se consideran para zonas rurales aisladas, aparte del posible acceso y utilización de carbón, de derivados del petróleo o de gas natural, se relacionan a continuación. Un estudio más profundo sobre la aplicación de energías renovables para la electrificación de zonas rurales se puede encontrar en [Rolland, 2011].

#### **Biomasa:**

- Hay que destacar el uso de las “cocinas mejoradas” o cocinas eficientes de leña, en lugar de la utilización del fuego abierto en el interior de las viviendas. Éstas son promocionadas por las agencias de desarrollo debido al gran impacto en la mejora de la salud de las familias al extraer mediante una chimenea el humo de las viviendas, y también porque reducen significativamente el consumo de leña (entre el 40 y 70% dependiendo del tipo). La relación coste/beneficio es extraordinariamente favorable.
- Biocombustibles líquidos (biodiesel y bioetanol). Tienen un gran potencial, pero debe prestarse atención especial a evitar que su producción afecte negativamente a la seguridad alimentaria de los países pobres.

- Carbón vegetal. Se ha empleado mucho en el pasado pero su consumo tiende a decrecer.
- Biogás. Su producción ha aumentado enormemente, especialmente en pequeñas granjas (biodigestores).

#### **Energía Solar:**

- La tecnología solar fotovoltaica (FV) se utiliza cada vez con mayor frecuencia. Los paneles fotovoltaicos permiten una producción directa de electricidad, y también existen aplicaciones para bombeo de agua. La generación FV tiene la limitación de que solamente puede producir electricidad durante el día; en consecuencia, se requiere disponer de una instalación de almacenamiento de energía (baterías) para el consumo durante la noche (iluminación, etc.).
- Los sistemas FV independientes de la red ofrecen una solución sencilla y rentable para cubrir las necesidades de electricidad de viviendas individuales (Sistemas solares domésticos), edificios públicos y comercios.
- Los paneles térmicos solares se utilizan para calentamiento de agua.
- Las cocinas solares pueden usarse eficientemente sólo cuando se tenga radiación suficiente.

#### **Minieólica:**

Se convierte en electricidad mediante aerogeneradores. Es una tecnología bastante sencilla, lejos de la complejidad de los grandes aerogeneradores, y puede fabricarse localmente. Los pequeños aerogeneradores tienen una potencia eléctrica de 0,1 a 100 kW. La producción eléctrica varía dependiendo de los patrones de viento de la zona. Una dificultad frecuente es la falta de datos sobre el viento en muchas zonas, lo que impide el dimensionamiento adecuado de los aerogeneradores.

#### **Micro y mini-centrales hidráulicas:**

Una central hidráulica es un proyecto relativamente complicado que requiere inversiones significativas, pero que puede producir una gran cantidad de energía eléctrica si hay disponible un salto de agua suficiente en las inmediaciones. Cuando se habla de micro y mini-centrales, los costes y la complejidad del proyecto se reducen. Existen turbinas especiales para aprovechar la corriente de los grandes ríos para centrales de pequeña potencia.

## Aplicación de algunas tecnologías apropiadas

### **Cocinas mejoradas:**

El número de cocinas mejoradas ha crecido enormemente en todo el mundo desde los años 70. Este progreso ha sido muy notable en países como China (hasta el año 1998, 185 millones de viviendas rurales habían mejorado sus cocinas de leña o carbón ), India, Vietnam, países de Latinoamérica (como el programa de 'Por un Perú sin humo' para instalar medio millón de cocinas entre 2009 y 2011), y otros. En África, a pesar de los esfuerzos de las ONG, no ha habido un progreso significativo en relación con sus necesidades.

La Fundación de Naciones Unidas ha creado recientemente la alianza "Alliance for Clean Cook stoves (100 by '20 goal)" con el objetivo de instalar 100 millones de cocinas limpias y eficientes antes del año 2020. Este número es todavía muy bajo, por eso la Alianza fomenta la creación de consorcios público-privados para promover futuros proyectos a gran y pequeña escala.

### **Sistema solar doméstico:**

Los sistemas solares domésticos (Solar Home Systems, SHS) tienen alrededor de 30 años de antigüedad y son el símbolo de los sistemas FV autónomos. Es probablemente el sistema más conocido e instalado de energías renovables en todo el mundo. No obstante, la industria FV continúa invirtiendo en nuevas soluciones y en la mejora de los componentes. En general, un sistema autónomo de energía FV puede definirse como un sistema independiente de la red con uno o varios módulos FV y varios aparatos para un uso particular. El número de SHS instalados actualmente resulta difícil de estimar, pero supera fácilmente varios millones.

### **Pequeña energía eólica:**

La energía eólica ha crecido extraordinariamente desde el año 2000 en todo el mundo. En Europa, el incremento anual en los pasados 17 años (1995-2011) ha sido del 15.6%, de forma que en el año 2011 cubrió más del 6% de la demanda anual de energía eléctrica (en España, el 16%).

En los países en desarrollo ha experimentado un crecimiento más suave, pero varias ONG como ITDG (Intermediate Technological Development Group), Practical Action o ARE (Alliance for Rural Electrification) apoyan fuertemente la pequeña energía eólica como una tecnología apropiada. Por ejemplo, ARE está llevando a cabo una campaña de información (Small Wind Campaign) para fomentar el despliegue de esta tecnología

en varios países, especialmente para consumo propio en comunidades pequeñas y aisladas.

## CONCLUSIONES

El papel de la tecnología en la satisfacción de las necesidades humanas es crucial. Hay aplicaciones directas que promueven la salud, la educación y la expansión de las capacidades humanas, y también vías indirectas que hacen que los beneficios de la tecnología también se dediquen al desarrollo humano. Como producto social que es, la tecnología está al servicio de las prioridades de la sociedad, así que es urgente llamar la atención de la comunidad internacional para que promueva tecnologías para el desarrollo humano.

Hay que identificar las barreras que complican el desarrollo tecnológico, y tomar iniciativas decididas para superarlas. Para el caso del Agua y saneamiento, como tecnología representativa de un impacto directo en el desarrollo humano, y de la Energía, como ejemplo de tecnología con un carácter más transversal, se ha repasado la situación actual del sector, las prioridades que se han de tomar desde la perspectiva del desarrollo humano, y algunos aspectos tecnológicos básicos.

Tal y como el PNUD destaca en uno de sus informes: “Existe una necesidad específica de tecnologías que satisfagan las necesidades de los pobres”.

## REFERENCIAS

de Albuquerque et al, 2012. On the right track. Good practices in realising the rights to water and sanitation. Lisbon. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

Gibbs et al. 2002. Child-to-Child: A Practical Guide. London. Southwark Primary Care Trust.

IEA 2006. World Energy Outlook 2006. International Energy Agency.

IEA 2010. World Energy Outlook 2010. International Energy Agency.

IEA 2013. World Energy Outlook 2013, International Energy Agency.

Peal, A et al. 2010. Hygiene and sanitation software. An Overview of Approaches. Geneva. Water Supply and Sanitation Collaborative Council.

PNUD, 2001. Human Development Report 2001: Making new technologies work for human development. New York. United Nations Development Programme.

PNUD, 2005. Energizing the Millennium Development Goals. A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty. New York. United Nations Development Programme.

PNUD, 2013. The Millennium Development Goals Report 2013. New York. United Nations Development Programme.

Ramos et al. 2013. Introducción a la Tecnología para el Desarrollo Humano. ONGAWA.

Rolland 2011. Rural electrification with renewable energy. Brussels. Alliance for Rural Electrification.

Sachs et al, 2005. Investing in Development: A Practical Plan to Achieve the Millennium Development Goals. New York. United Nations Development Programme.

## FURTHER/SUGGESTED MATERIAL

Practical Action ha editado una serie de interesantes videos ejemplificando tecnologías apropiadas de diferentes categorías. Energía, alimentación, agua y saneamiento, construcción: <http://practicalaction.org/video/>

También puede ser de interés consultar la página web de ONGAWA, con materiales de distinto tipo relacionados con Agua, TIC, Energía y Agricultura: <http://www.ongawa.org/area-de-trabajo/>

La Real Academia de Ingeniería Española publicó recientemente un trabajo sobre Tecnologías para el Desarrollo Humano en Comunidades Aisladas, que describe y analiza las distintas tecnologías, además de abordar cuestiones relacionadas con la cooperación al desarrollo en estos sectores: <http://www.raing.es/es/publicaciones/libros/tecnolog%C3%AD-para-el-desarrollo-humano-de-las-comunidades-rurales-aisladas>

Algunos materiales de interés sobre Agua, Saneamiento e Higiene:

- *The Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS) - 2012 Report*. Informe sobre la capacidad de los países para progresar en la meta de Agua y Saneamiento de los ODM, y en la eficacia de las agencias internacionales para facilitar el proceso. <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/204405/>
- *WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP)*. Informe sobre el progreso en los indicadores de agua y saneamiento de los ODM <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/204410/>
- *Gender Mainstreaming in Water and Sanitation in African Cities (UNHABITAT) (Video)* <http://www.unhabitat.org/video.asp?cid=8732&catid=7&typeid=60&subMenuId=0>
- *Sanitation: A human rights imperative*. Documento que define el saneamiento en términos de derechos humanos, destacando las acciones prioritarias que deben acometer gobiernos, organizaciones internacionales y sociedad civil <http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2927>
- *ON THE RIGHT TRACK: Good practices in realising the rights to water and sanitation*. Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos [http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices\\_en.pdf](http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_en.pdf)

- *Post-2015 WASH targets and indicators. A review from a Human Rights Perspective.* ONGAWA
- <http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/12/WASH-Human-Rights-post-20152.pdf>
- *A Manual on Hygiene Promotion.* UNICEF.  
<http://www.unicef.org/wash/files/hman.pdf>
- *Sanitation Methodologies.* WORLD BANK <http://www.wsp.org/Higiene-Sanitation-Water-toolkit/BasicPrinciples/Methodologies.html>
- Algunas sugerencias para el sector de la Energía:
- *World Energy Outlook 2013. International Energy Agency.* Aportando los datos más recientes, el World Energy Outlook 2013 presenta la situación actual y las proyecciones hasta 2035, sector a sector, region a region y escenario a escenario.  
<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>
- *Poor people energy outlook 2013. Practical Action.* El documento se centra en el importante papel que la energía juega en transformar la vida de los pobres. Prioriza su perspectiva y propone herramientas concretas para mejorar el acceso a la energía. <http://practicalaction.org/ppoe2013>
- *Guide to Good Practice on Energy and Cooperation* (in Spanish). Coordinado por Energía Sin Fronteras, en colaboración con algunas ONGs españolas (Ongawa entre ellas)  
[http://energiasinfronteras.org/images/stories/Estudios/101115\\_guia Buenas practicas\\_esf.pdf](http://energiasinfronteras.org/images/stories/Estudios/101115_guia Buenas practicas_esf.pdf)
- *Evidence of Benefits for Poor People of Increased Renewable Electricity Capacity: Literature Review.* Institute of Development Studies. Estudio que identifica las evidencias en la relación entre capacidad de generación eléctrica y beneficios para los pobres, además de explorar las políticas que ayudan a maximizar esta relación.
- <http://www.ids.ac.uk/publication/the-evidence-of-benefits-for-poor-people-of-increased-renewable-electricity-capacity-literature-review>



PHOTO: Spanish students in a computer training course in Cusco, Peru. ONGAWA.

# 4

## CHAPTER

# Professional and international perspectives of engineering: the case of energy

A.1

Making the case for a critical global engineer

# 4

## CHAPTER 4. Professional and international perspectives of engineering: the case of energy

### EDITED BY

Global Dimension in Engineering Education

### COORDINATED BY

**Agustí Pérez-Foguet** and **Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Alejandra Boni** and **Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)

**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)

**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

This publication is distributed under an Attribution- Noncommercial- Share Alike License for Creative Commons



### WITH GRATEFUL THANKS TO

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Jaime Moreno** and **Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de Valencia*)

**Angela Cordeiro** and **Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)

**Emily Mattiussi**, **Sylvia Roberge** and **Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Citation: Colombo, E., Mattarolo, L., Manzato, A., Romeo, F., Mereu, R., Amati, T. (2014) ' Professional and international perspectives of engineering: the case of energy ' in *Making the case for a critical global engineer*, GDEE (eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona.

Available from: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Disclaimer: This document has been produced with the financial assistance of the European Union and the Spanish Agency for International Development Cooperation. It is part of the AECID-funded program [www.compromisoydesarrollo.org](http://www.compromisoydesarrollo.org) run by ONGAWA - Ingeniería para el Desarrollo Humano. The contents of this document are the sole responsibility of the authors and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union or the Spanish Agency for International Development Cooperation.

# 4 PERSPECTIVAS PROFESIONALES E INTERNACIONALES DE LA INGENIERÍA: EL CASO DE LA ENERGÍA

**Emanuela Colombo, Lorenzo Mattarolo, Alessandro Manzato, Francesco Romeo**

Politecnico di Milano, Cátedra UNESCO de Energía para el Desarrollo Sostenible

**Riccardo Mereu, Tomaso Amati**, Ingeniería Sin Fronteras, Milán

## RESUMEN EJECUTIVO

El descubrimiento del uso y gestión del fuego data de unos pocos cientos de miles de años atrás y representa la primera manifestación de la energía al servicio de la humanidad. Gracias a la habilidad para controlar el fuego, se pudo disponer de calor y de luz a demanda, y una mayor variedad de alimentos, desde plantas hasta animales, pudieron ser conservados y posteriormente consumidos reduciendo así la necesidad de un abastecimiento diario. Posteriormente, con el desarrollo de la agricultura, la energía solar directa añadió una importante contribución al desarrollo local. De la misma manera, la domesticación de animales supuso un recurso energético adicional para ser utilizada en la ganadería y el transporte terrestre. Gracias a la creciente capacidad para controlar las fuentes de energía naturales, los humanos comenzaron a trabajar metales, cerámicas y vidrios a la par que se desarrollaba la escritura, la literatura, la ciencia y las artes.

Esto implica que la energía y el desarrollo humano han estado siempre interconectados de dos maneras:

- La disponibilidad de la energía permitió a la humanidad prolongar sus vidas y mejorar la calidad de las mismas cediendo tiempo a otras actividades más allá de la de la subsistencia.
- El consecuente desarrollo socio-cultural permitió el descubrimiento de nuevas fuentes de energía, procesos y tecnologías para un uso más eficiente de la misma.

Estas interconexiones se volvieron progresivamente evidentes con la primera y segunda revolución industrial, cuando el escenario energético cambió de sistemas de baja potencia a sistemas intensivos en energía y, más recientemente, con la generación de energía mediante fisión nuclear controlada. Fue solamente en la segunda mitad del siglo XX cuando la preocupación por el cambio climático hizo dirigir la atención hacia las energías renovables.

Hoy en día, la oportunidad de sobrellevar el desarrollo depende fuertemente del acceso a la energía y de su disponibilidad. El acceso a la energía puede contribuir concretamente a la reducción de la pobreza:

- reduciendo del tiempo que las mujeres dedican a las tareas domésticas;
- habilitando el acceso a recursos educativos y comunicativos en escuelas y hogares;
- mitigando el impacto de la contaminación del aire interior en las viviendas sobre mujeres y niños;
- permitiendo el acceso a mejores recursos médicos para el cuidado materno;
- fortaleciendo las actividades generadoras de ingresos.

En este escenario, la contribución de la ingeniería en la cooperación energética internacional se puede considerar como un marco interdependiente, donde el principal objetivo es la provisión de acceso a la energía para fortalecer el desarrollo local. Los profesionales de la ingeniería interactúan con otros actores para definir e implementar acciones adaptadas y proporcionar soluciones innovadoras y tecnologías apropiadas, a la vez que se desarrolla la capacidad de los entes locales y se crea una sensación de apropiación en las comunidades locales. El conocimiento, las habilidades y las competencias de los y las ingenieros e ingenieras deben, por lo tanto, adaptarse y ceñirse a este marco.

Haciendo referencia al documento lanzado por la Organización Educativa, Científica y Cultural de las Naciones Unidas (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, UNESCO) “Iniciativa de la Ingeniería Sostenible” (Sustainable Engineering Initiative) [Lozano and Lozano 2013, UNESCO], algunas escuelas de ingeniería han sido pioneras en la incorporación de la ciencia de la sostenibilidad en sus estudios. El desafío de apoyar el desarrollo sostenible se ha convertido también en una misión para el Politécnico de Milán, en línea con los objetivos internacionales.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Tras haber participado activamente en las experiencias de aprendizaje de este módulo, serás capaz de:

- Identificar los retos actuales de la cooperación internacional junto con la importancia del acceso a la energía en el desarrollo global.
- Entender por qué el sector energético es por defecto un escenario de acción multidisciplinar.
- Entender el papel de los y las ingenieros e ingenieras en un marco multi-actor y multi-objetivo.
- Definir las competencias transversales, aptitudes y actitudes necesarias para actuar en el ámbito del desarrollo sostenible.
- Identificar las características de las soluciones apropiadas y de las actividades de fortalecimiento de capacidades.
- Entender el papel del mundo académico en la preparación de estas nuevas figuras profesionales.

## CONCEPTOS CLAVE

Estos conceptos te ayudarán a entender mejor el contenido de esta sesión:

- Desarrollo sostenible
- Acceso a la energía
- Energía para el desarrollo sostenible
- El papel de los y las ingenieros e ingenieras
- Aproximación multi-actor
- Tecnología apropiada
- Fortalecimiento de capacidades

## PREGUNTAS ORIENTATIVAS

Responde las siguientes preguntas mientras completas las lecturas y trabajos de la sesión.

- ¿Cuáles son los desafíos de la cooperación internacional y cómo contribuye la energía al desarrollo sostenible?
- ¿Cuáles son los principales desafíos del sector de la energía en relación con el desarrollo sostenible?
- ¿Cuál es el papel de la ingeniería energética en el contexto de la cooperación al desarrollo?
- ¿Qué aptitudes y actitudes se precisan en la futura generación de ingenieros e ingenieras?
- ¿Cuáles son las características de una solución apropiada y como puede promoverse el proceso de fortalecimiento de capacidades?
- ¿Cuál es la contribución del mundo académico en la preparación de nuevos profesionales?

## INTRODUCCIÓN

La energía representa uno de los pilares de la sostenibilidad. Actualmente, a nivel internacional se está debatiendo el papel de la universidad y la educación ingenieril en el desarrollo sostenible. De hecho, el clamor popular por un crecimiento más sostenible y, por lo tanto, una distribución más equitativa de la energía, la comida y el agua representa en la actualidad un gran desafío que no puede alcanzarse sin el papel proactivo del mundo académico. Por lo tanto, a nivel global, se han puesto en marcha iniciativas internacionales para activar a la comunidad científica.

El lanzamiento de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (United Nations Sustainable Development Solutions Network, SDSN) por la Secretaría General de las Naciones Unidas en 2012 representa un reconocimiento institucional al papel de la ciencia y la educación [UN SDSN]. SDSN promueve un aprendizaje conjunto creciente y ayuda a superar la compartimentalización del trabajo técnico y político fomentando acercamientos integrados para los desafíos económicos, sociales y medioambientales interconectados entre sí a los que se enfrenta el mundo entero. Una iniciativa más específica dedicada a las universidades es el Impacto Académico (Academic Impact) que promueve una red de Instituciones de Educación Superior (High Education Institutions, HEIs) que, junto con las Naciones Unidas, promueve diez principios universalmente aceptados en las áreas de los derechos humanos, la alfabetización, la sostenibilidad y la resolución de conflictos y reconoce el papel de la educación superior en el desarrollo económico y social. Estas iniciativas contribuyen a remarcar el rol central de la educación como un pilar del desarrollo socioeconómico, fundamento de la paz mundial y un motor de larga duración para hacer frente a los numerosos desafíos globales, incluyendo estrategias de energía sostenible.

## EL DESAFÍO ENERGÉTICO Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los desafíos energéticos varían a nivel global y por lo tanto las estrategias han de adaptarse al contexto específico en el que se van a aplicar. Es más, cuando se buscan soluciones energéticas sostenibles a largo plazo que pretendan fortalecer las capacidades y promover la integración y la aceptabilidad dentro de un contexto local, las estrategias han de desarrollarse de manera que incluyan las tres principales dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y medio ambiental.

La energía y la economía han estado siempre relacionadas. Como se puede apreciar en la Figura 1, en todos los países de altos ingresos el Suministro Total de Energía Primaria (Total Primary Energy Supply, TPES) per cápita (toe) es alrededor de 2 toe per cápita, mientras que el resto de países están en su mayoría por debajo de este umbral. La correlación resulta más evidente y la distribución está menos dispersa para niveles bajos de Producto Interior Bruto, PIB, (Gross National Income, GNI), donde se encuentran los países en desarrollo.

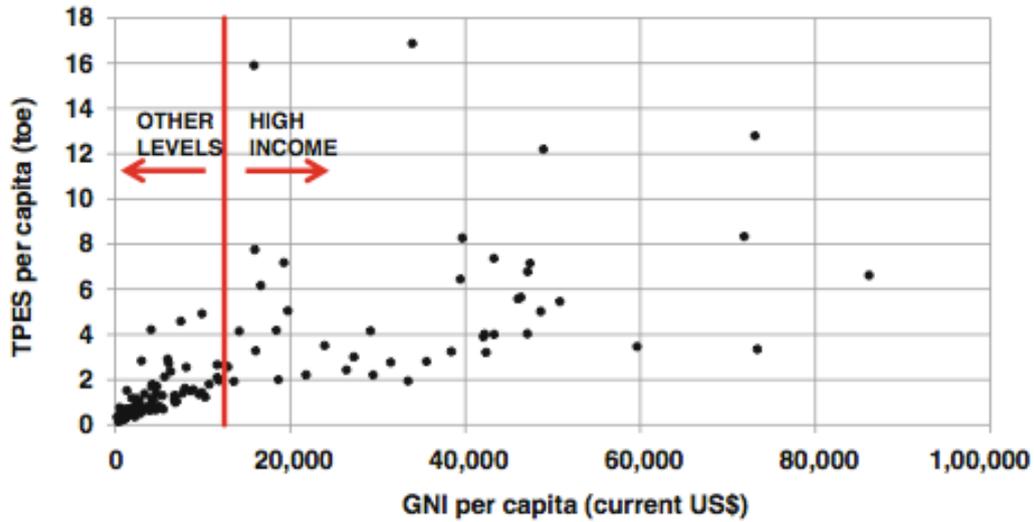


Figura 1 Distribución de países según PIB per cápita y la TPES per cápita (Banco Mundial 2012).

En lo que se refiere a la dimensión social, cada año más de 1,4 millones de muertes (más que las producidas por la malaria y la tuberculosis) están relacionadas con efectos derivados de la respiración de humos provenientes de fuegos abiertos (three-stones stoves) y se espera que el número aumente en 2030 hasta llegar a sobrepasar el número de muertos víctima de VIH/SIDA (HIV/AIDS) [Fat 2008] [Mehta et al. 2004].

El uso de combustibles tradicionales también conduce a consideraciones sobre la “carga” de la biomasa y muestra un problema de equidad, dado que bajos niveles de disponibilidad energética limitan el desarrollo y aumenta las diferencias entre clases. En las zonas rurales generalmente las mujeres y los niños y niñas están a cargo de la recolección de combustible: un arduo trabajo que los expone a posibles riesgos para la salud y peligros varios [Victor 2005]. Es más, esta actividad limita el acceso de los niños y niñas a la educación y su participación en actividades generadoras de ingresos, con el importante impacto social que esto produce.

La Figura 2 muestra la correlación entre el consumo de energía eléctrica per cápita y el ratio de escolarización en escuelas secundarias para algunos países, demostrando así cómo la disponibilidad energética está relacionada con las oportunidades de la población local para acceder a un mayor nivel educativo.

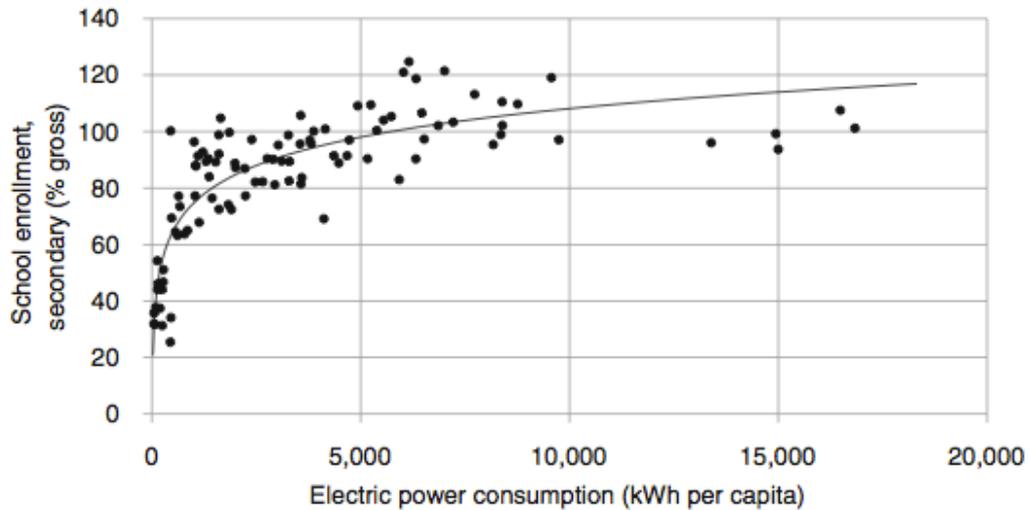


Figura 2 Comparación entre el consumo de energía y la matrícula en educación secundaria (Colombo et al. 2014).

El fomento del uso de la energía también debe tener en cuenta el ecosistema y el potencial daño medioambiental para poder garantizar la sostenibilidad medioambiental. Por ejemplo, aunque las tecnologías basadas en fuentes de energías renovables generalmente se perciben como más sostenibles en comparación con las fuentes no renovables debido a su reducido impacto ambiental y sus beneficios al desarrollo local [Burguillo et al. 2008], éstas también pueden tener efectos negativos, lo que hace esencial realizar una planificación detallada que englobe todos los posibles impactos medioambientales durante su ciclo de vida. El uso de combustibles fósiles y de fuentes de energía convencionales en los países en desarrollo puede afectar a la biodiversidad global, donde los ecosistemas se explotan de manera no regulada. Por lo tanto, se hace necesario un mix energético, con una clara tendencia hacia el uso de recursos energéticos renovables y tradicionales, para reducir la polución, la degradación de la tierra y la deforestación.

Por estas razones, y también porque la energía está considerada como un medio fundamental para proveer servicios esenciales para el desarrollo local, el interés mundial en el desafío energético y en las estrategias para una energía sostenible se ha ido incrementando [Colombo et al. 2014]. El acceso a fuentes modernas de energía facilita la purificación de agua, la seguridad alimentaria y sistemas de cocinado y climatización más limpios, además de afianzar un adecuado servicio sanitario, educativo, laboral y de Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC (Information and Communication Technologies, ICTs). Por ejemplo, principalmente en las zonas rurales de países en desarrollo, las formas modernas de energía reducen la cantidad de tiempo que las mujeres dedican a sus tareas domésticas, permiten el acceso a recursos educativos y de comunicaciones en las escuelas y en los hogares, mitigan los impactos de la contaminación en el interior de las viviendas, facilitan el acceso a mejores recursos médicos para la salud materna y fortalecen las actividades generadoras de ingresos.

Sin embargo, la energía aún no está accesible para todos: hoy en día casi 1,3 billones de personas viven sin acceso a la electricidad y 2,6 billones de personas dependen de la biomasa

tradicional como fuegos abiertos para cocinar y alumbrarse [IEA 2013]. Para muchas de estas personas, especialmente aquellas que viven en las zonas rurales de los países en desarrollo, la clave es el acceso ya sea en términos cualitativos (por ejemplo, acceso a combustibles modernos) o cuantitativos (por ejemplo, acceso a un número apropiado de recursos energéticos). Niveles bajos de acceso conducen a consecuencias para la salud y para el medio ambiente debido a los hábitos energéticos tradicionales y a la falta de soluciones alternativas, pero también conducen a obstáculos en el desarrollo y a pérdidas económicas por procesos de fabricación y servicios básicos que requieren un suministro energético fiable y asequible.

Los organismos internacionales han trazado indicadores para evaluar la posible relación entre energía y desarrollo con un enfoque integral que va más allá de la simple perspectiva económica: el Índice de Desarrollo Humano (Human Development Index, HDI) [UNDP 2010] y el Índice de Desarrollo Energético (Energy Development Index, EDI) [IEA 2012], cuya correlación es evidente especialmente para países con bajos y medios ingresos, como se puede apreciar en la Figura 3. A la luz de esta clara relación, se ha vuelto cada vez más clara la necesidad de mejorar el acceso a unos servicios energéticos limpios, eficientes, asequibles, fiables y modernos desde los puntos de vista económico, social y ambiental. De hecho, el crecimiento empresarial y la creación de nuevos empleos, mejorando así la salud y la educación, y facilitando necesidades básicas como comida y agua de manera sostenible requieren un mix energético balanceado que ha de estar adaptado a las condiciones económicas, sociales y de recursos de cada contexto.

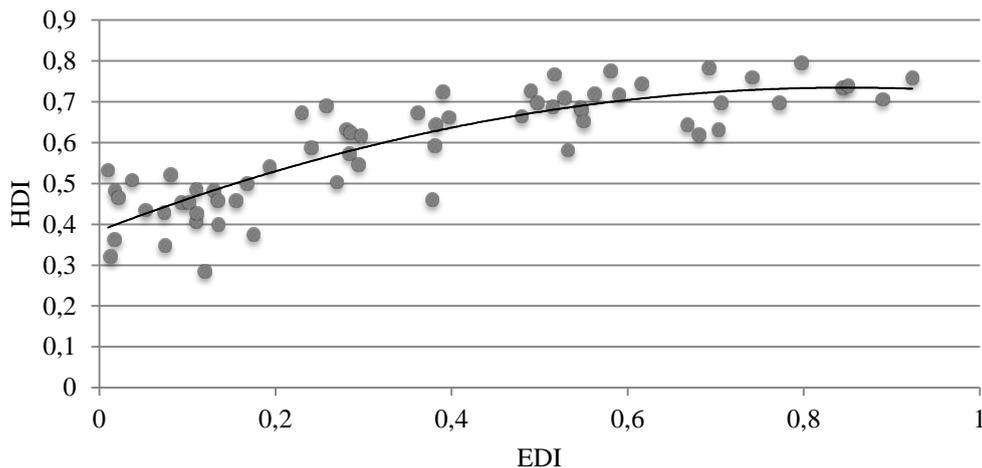


Figura 3 HDI-EDI para países de bajo y medio IDH. Elaboración propia en base a datos del PNUD (UNDP 2010) y la AIE (IEA 2012).

Aunque el asunto del acceso a la energía es crucial para la cooperación internacional en los países en desarrollo [Brew-Hammond 2010], en Europa y otras regiones industrializadas también están apareciendo nuevas evidencias de pobreza energética, mostrando así cómo el desafío energético se ha convertido en una cuestión global [Bouzarovski et al. 2012]. Se estima que 50 millones de europeos se ven afectados por la “pobreza o escasez de combustible”, debiéndose principalmente al cambio a mercados liberalizados que anteriormente eran mercados

estrictamente regulados y a la crisis financiera. Dentro del contexto del desarrollo, la Conferencia sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas celebrada en Río de Janeiro en 2012 desembocó en un acuerdo de los Estados Miembros para lanzar una serie de Objetivos para el Desarrollo Sostenible (Sustainable Development Goals, SDGs) con el objetivo de superar las limitaciones de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Millennium Development Goals, MDGs) que no incluían objetivos globales específicamente relacionados con el tema energético [UN]. Los SDGs pretenden avanzar en el desarrollo sostenible como un componente adicional a la dimensión económica, social y medioambiental, a la vez que realizan un seguimiento de otros desafíos globales para incluir a las economías en desarrollo, a las desarrolladas y a las emergentes.

Para apoyar estas iniciativas, la Secretaría General de las Naciones Unidas (United Nations Secretary General) ha lanzado la iniciativa Energía Sostenible para Todos (Sustainable Energy for All, SE4All) [UN] que pretende asegurar el acceso universal a servicios energéticos modernos, duplicando la tasa de mejora de la eficiencia energética y duplicando también la participación de la energía renovable en el mix energético global para el 2030. Dentro de este nuevo paradigma, SE4All pretende fomentar las economías verdes como un elemento central del desarrollo sostenible, capaz de tener en cuenta las necesidades humanas físicas, emocionales y sociales, mientras que la igualdad se convierte en un elemento esencial en lo que a distribución de recursos se refiere.

Es por tanto urgente, y además es la dirección recomendada por la comunidad internacional, la integración de estrategias de energía sostenible en las políticas nacionales y en las líneas de actuación de la cooperación internacional para garantizar tanto la provisión fiable de energía en los países con economías de altos ingresos como una herramienta para reducir la pobreza en los países en desarrollo.

## LA CONTRIBUCIÓN DE LOS INGENIEROS

En la definición e implementación de las estrategias para la energía sostenible el papel de los y las ingenieros e ingenieras se ha vuelto más complicado, ya que en la actualidad se enfrentan a nuevos desafíos y además de carácter interdisciplinario, todo ello en un contexto más amplio e internacional.

Como se representa en la Figura 4, la contribución de la ingeniería en el área de la energía en cooperación internacional puede ser vista como parte de un marco interdependiente, donde el primer objetivo es la provisión del acceso a la energía para fortalecer el desarrollo local en un contexto local específico. Los profesionales de la ingeniería interactúan con otros actores para definir e implementar acciones específicas de manera que se obtengan soluciones innovadoras y tecnologías apropiadas. En ese escenario, el compromiso también debería centrarse en la promoción de la transferencia de competencias y en la creación de capacidades, y fomentando la

apropiación dentro de las comunidades. El conocimiento ingenieril, las competencias y las habilidades deben ser adaptadas y rediseñadas para hacer el trabajo futuro más adecuado a este contexto.

Los siguientes párrafos mostrarán una idea general de todos estos aspectos. En algunos ejemplos se podrá ver cómo estos temas han sido afrontados por el Politécnico de Milán y por Ingenieros Sin Fronteras – Milán en algunos proyectos llevados a cabo.

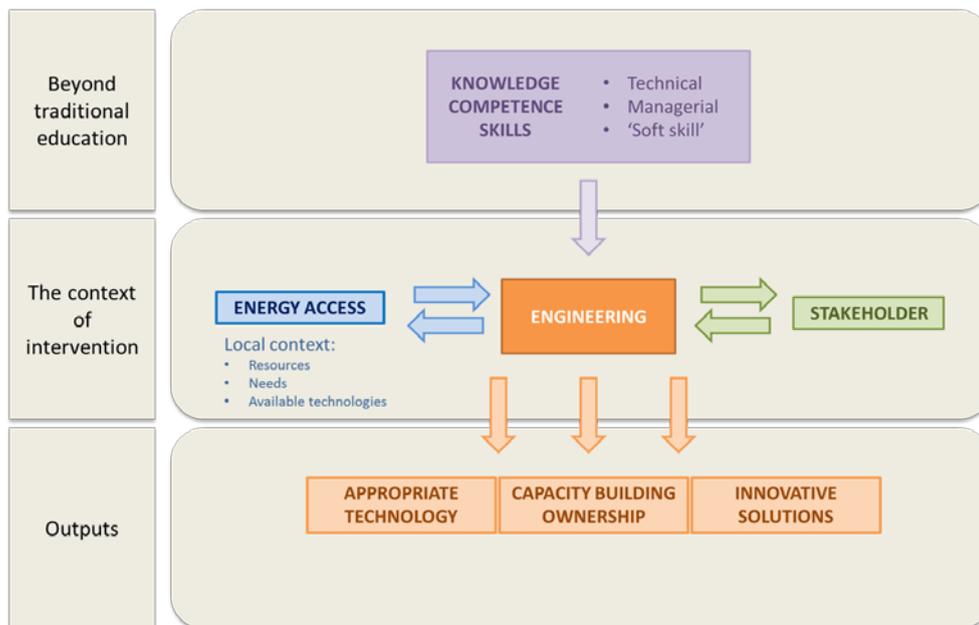


Figura 4 La perspectiva y el papel de la ingeniería en la promoción del desarrollo sostenible

## EL CONTEXTO DE LA INTERVENCIÓN

Como se puede ver en la Figura 4, para promover un desarrollo efectivo e inclusivo, en el que la energía representa un requisito fundamental, los y las ingenieros e ingenieras deben considerar tanto el contexto local donde se desarrolla la intervención como la interacción con el resto de actores.

En lo que al contexto local se refiere, es necesario realizar un primer análisis del contexto global para hacer consistentes las nuevas intervenciones con las capacidades y medios disponibles, así como proveer un nexo adecuado entre las fuentes energéticas locales (sol, viento, biomasa o agua) y las necesidades. Esto implica tener en consideración los objetivos y expectativas de las comunidades además de preservar su salud y su entorno. También se deben tener en cuenta las tecnologías disponibles en el entorno para asegurar su consistencia con las capacidades técnicas y las oportunidades ya presentes.

Los actores involucrados en estos procesos contribuyen cada uno con sus conocimientos y experiencias. Desde un punto de vista técnico, la investigación y la implementación de soluciones innovadoras para promover energías eficientes y limpiasson del campo de trabajo de científicos y profesionales técnicos como los y las ingenieros e ingenieras. Desde el punto de vista político, los responsables políticos y agentes institucionales son los encargados de la promoción de nuevas normas, leyes y regulaciones que deben ir de la mano con los requisitos técnicos. El contexto social es propio del papel de las organizaciones de la sociedad civil y de sus correspondientes responsabilidades. En este marco articulado y multi-sectorial, los y las ingenieros e ingenieras deben interactuar en un escenario complejo, combinando sus capacidades en un modelo multi-disciplinar y multi-actor.

Los y las ingenieros e ingenieras deberían entonces aplicar su condición investigadora hacia un conocimiento de los sistemas energéticos con colaboraciones internacionales, interactuando con distintas perspectivas y culturas, aumentando así su conocimiento global. Desde el punto de vista de los estudiantes, éstos deben aprovecharse del trabajo en red basado en relaciones establecidas por las universidades con organismos internacionales, ONGs y entes privados y llevar a cabo proyectos en campo en países en desarrollo.

## MÁS ALLÁ DE LA EDUCACIÓN TRADICIONAL

En este contexto de intervención, se requiere un conjunto transversal de conocimientos, competencias y aptitudes debido a la naturaleza compleja y multidisciplinar del acceso a la energía (Figura 4). Se necesitan competencias técnicas para diseñar, fabricar, y adaptar las nuevas tecnologías y para instalar, operar y mantener los sistemas energéticos. Además, son necesarias capacidades de gestión para llevar a cabo las tareas diarias de manera adecuada, para planear operaciones y para gestionar el negocio.

A la par que estos requisitos específicos, son necesarios otros conocimientos transversales, especialmente en el contexto de la cooperación internacional donde interactúan diversos actores (ONGs, Organizaciones Comunitarias – Community-based Organizations, CBOs -, sector privado, agencias gubernamentales y usuarios finales). Una actitud facilitadora, junto con habilidades comunicativas y de aprendizaje son esenciales para coordinar las negociaciones, promover la participación pública y crear consensos entre distintos actores y las comunidades objetivo.

De hecho, las compañías ingenieriles que operan a nivel global están reclutando progresivamente cada vez más a personas con perfiles técnicos altamente cualificados además de aptitudes personales (capacidades interpersonales, trabajo en equipo, habilidades comunicativas, etc.) que representan un valor añadido en el actual y complejo contexto del desarrollo global. Por lo tanto, la energía y las tecnologías de conversión deben enfrentarse con un modelo que va más allá de los meros aspectos técnicos e ingenieriles, con una perspectiva multidisciplinar y amplia. En, asuntos como el cambio climático, el Análisis del Ciclo de Vida (Life Cycle Analysis, LCA), el impacto

ambiental y los marcos políticos y legislativos es necesario conocer las interconexiones cuando se analicen las tecnologías dentro del paradigma del desarrollo sostenible.

## LA NECESIDAD DE UNA GESTIÓN INTEGRADA

A pesar del amplio conocimiento de que la energía, junto con otros recursos como el agua y la comida, representa un nexo esencial para unir necesidades humanas básicas y mejorar las actividades generadoras de ingresos y la calidad de vida, ha salido a la luz la falta de un modelo de gestión integrada disponible para los que los y las ingenieros e ingenieras puedan alcanzar esos objetivos. Como resultado, varias estructuras gubernamentales están adoptando políticas para cada recurso, por dos motivos:

1. Habitualmente diferentes ministerios y entidades administrativas se encargan de la energía, el agua y la agricultura. Como resultado, no se puede obtener una coherencia global y las decisiones de un ministerio o departamento puede chocar con los objetivos del otro;
2. Las herramientas analíticas y los modelos conceptuales capaces de gestionar todos los nexos a nivel global son limitados. Análisis de los sistemas individuales tales como la energía y los recursos hídricos se llevan a cabo de manera rutinaria pero se focalizan en un sólo recurso, rechazando así su interconexión y efectos sobre los otros y simulando escenarios insostenibles a largo plazo [Sovacool 2012].

En lo que a falta de un modelo de gestión integrado se refiere, todavía se deben promocionar diferentes estrategias para hacer frente a esas conexiones, tales como:

- Herramientas de apoyo en la toma de decisiones a nivel del nexo.
- Apoyo a un sistema de planteamiento dentro del proceso de elaboración de políticas
- Aumento del número de expertos interdisciplinarios en las tres áreas
- Análisis de soluciones con una amplia perspectiva enfocada al desarrollo sostenible.

La Agencia Internacional de la Energía Atómica (International Atomic Energy Agency) ha sugerido la adopción de diferentes políticas para diferentes recursos [IAEA 2009], una herramienta de análisis integrada que trata todos los aspectos relevantes (cambio climático, tierra, energía, agua) para permitir una representación multi-recurso e interconectada, útil también para llevar a cabo análisis en países en desarrollo. Una herramienta como esa facilitaría la toma de decisiones y serviría de apoyo para el logro de futuros SDGs, y donde los y las ingenieros e ingenieras puedan dar una contribución transversal efectiva para fomentar tecnologías apropiadas, la creación de capacidades y soluciones innovadoras (Figura 4).

## TECNOLOGÍA APROPRIADA

Adquirir todos estos conocimientos permite a los y las ingenieros e ingenieras ligar mejor los aspectos globales y dinámicos de las tecnologías energéticas sostenibles, asegurando un proceso

efectivo desde recursos a servicios y usos productivos, a un crecimiento sostenible e equitativo mayormente en las economías con bajos y medios ingresos. Para que tenga éxito y genere beneficios perdurables en el tiempo, el diseño y gestión de las tecnologías energéticas debe tener en cuenta varios aspectos tecno-socio-económicos concretos del contexto local [Brent et al. 2010].

Cuando se identifican nuevas soluciones energéticas, los y las ingenieros e ingenieras deben fomentar la colaboración multilateral, compartiendo conocimientos con otros actores mediante la adopción y el uso de aptitudes aparentemente lejanas al sector técnico, con el objetivo de identificar la solución más apropiada a través de un enfoque amplio y multidisciplinar. La solución energética implementada puede que no sea parte del estado del arte pero debe ser fiable y asumible, que encaje y escalable así como capaz de hacer frente a las necesidades locales con los recursos disponibles. Por lo tanto, concretando a nivel local, la tecnología debe ser replicable, resolviendo una o más necesidades reales inmediatas; además debe ser fácil de comprender, de instalar, de mantener y debe ser capaz de empoderar a la población local y aumentar su sensación de propiedad. Trabajar con esta perspectiva en países en desarrollo no siempre implica trabajar con poca sofisticación: en algunos casos la tecnología más apropiada puede coincidir con la más sofisticada, pero en otros la manera más adecuada de actuar puede requerir un input de menor complejidad tecnológica, pero que dé un papel más importante a los conocimientos transversales de los técnicos.

El concepto de la tecnología apropiada fue originalmente concebido como una mera transferencia tecnológica, fuertemente caracterizada por un enfoque “arriba-abajo”. Como consecuencia, la tecnología no siempre se adaptaba a los recursos locales ni se basaba en conocimientos locales ni buscaba el desarrollo de capacidades. Solamente en las últimas décadas la definición de la tecnología apropiada ha hecho hincapié en la importancia de los recursos locales y del capital humano local para revertir el enfoque consolidado. De esta manera, la población local ha empezado a actuar no sólo como meros receptores de las soluciones implementadas sino como propietarios responsables de la tecnología.

## DESARROLLO DE CAPACIDADES Y PROPIEDAD

En el marco global actual, está ampliamente reconocido que los países en desarrollo deben adquirir conocimientos, aptitudes y competencias para diseñar o rediseñar, producir, comerciar, instalar, operar y mantener tecnologías energéticamente sostenibles. Como mantiene Sovacool en [17] los principales aspectos a identificar son:

- Tecnologías de energías renovables, que requieren conocimientos específicos a nivel local;
- Formación, necesaria para adquirir la mano de obra necesaria (de la educación vocacional a la educación superior);
- Capacidades de investigación e innovación, dentro del proceso educativo.

Los caminos de la educación, tanto en países desarrollados como en los países en desarrollo, deben ser diseñados e implementados de acuerdo a las necesidades locales y han de ser enseñados tanto dentro (formal) como fuera (informal) del sistema educativo. Por ejemplo, en las áreas rurales de países en vías de desarrollo el desarrollo de capacidades debe ser facilitado a través de cursos formativos específicos llevados a cabo a nivel de comunidad. Las organizaciones a de base comunitaria y los grupos de autoayuda (Community-based organisations and self-help groups, SHGs) pueden desempeñar un papel importante en el proceso de empoderamiento de la comunidad y haciéndoles responsables de gestionar los bienes públicos, tal y como sugiere Reddy et al. [20] o Adkins et al. [21]. Es más, cuando el desarrollo de capacidades tiene lugar en comunidades y compañías locales pueden aparecer otros beneficios: las políticas y estrategias se ejercen mejor, la aceptación local es más fácil de obtener y se da pie a la confianza en la técnica local.

La coordinación entre el sistema educativo y las instituciones energéticas nacionales y locales, junto con la contribución del sector privado y la sociedad civil, son esenciales para facilitar el desarrollo de capacidades. También toman parte en el establecimiento de las necesidades de formación e investigación, contribuyendo, por lo tanto, a la reducción de la distancia entre el mundo académico y las comunidades locales (sociedad y empresas) que aún hoy en día es muy amplio en muchos países en desarrollo.

Por lo tanto, el papel de la cooperación educativa aumenta progresivamente su relevancia, dado que podría permitir, por ejemplo a través de la consolidación de colaboraciones efectivas Norte-Sur y Sur-Sur, el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo (Research and Development, R&D) en tecnologías energéticas tanto a nivel nacional como regional.

## SOLUCIONES INNOVADORAS

En este contexto, la innovación se convierte en un aspecto central no sólo como herramienta clave para facilitar el crecimiento sino también como foco de una actitud creativa hacia nuevos modelos de negocio, volviendo a los contextos locales más receptivos [22]. El Banco Mundial establece que los países desarrollados y los países en desarrollo deben innovar para asegurar el bienestar de su población a través de soluciones creativas y efectivas [23].

Dos aspectos importantes de la innovación en los países en desarrollo es la intensificación de la globalización y el continuo e intensivo cambio tecnológico. Estos dos aspectos representan un desafío y una oportunidad a los que se puede hacer frente a través del desarrollo del conocimiento y la modernización de las actividades tradicionales. Los mayores obstáculos para estos objetivos se encuentran en la debilidad de los sistemas de innovación con un bajo interés para la comunidad investigadora, en sistemas universitarios débilmente conectados con las realidades locales, en la falta de servicios de soporte tecnológico y en insuficientes programas de innovación nacionales.

Para superar estos obstáculos, las universidades (como fuente de nuevos conocimientos) y las industrias (como usuarios del conocimiento) pueden jugar un papel crucial en la creación innovadora y funcionar como herramientas del desarrollo regional.

## EL CASO DEL POLITÉCNICO DE MILÁN

Las universidades (especialmente las técnicas) juegan un rol crucial en la promoción de la innovación. Por un lado, como remarca la UNESCO, es cada vez más evidente la falta de ingenieros e ingenieras que trabajen con competencias transversales y actitud global. En un mundo constantemente en cambio, recientemente dos elementos claves han asumido una mayor importancia: la necesidad de enriquecer la base académica de los futuros profesionales con nuevos contenido y la relevancia de la investigación científica y la innovación para el desarrollo global.

El desafío de promover el desarrollo sostenible se ha convertido en una misión para el Politécnico de Milán, a través de actividades específicas en el Departamento de Energía bajo la Cátedra UNESCO en Energía para el Desarrollo Sostenible, establecida en Marzo del 2012. Su actividad investigadora se centra principalmente en la generación distribuida, estrategias para mejorar el acceso a la energía y también en metodologías para evaluar el impacto de los proyectos energéticos en el desarrollo local. La visión de la Cátedra es contribuir al salto hacia sistemas energéticos más sostenibles y equitativos para cumplir con las necesidades del desarrollo global.

La Cátedra también pretende fomentar las colaboraciones universitarias internacionales con países en desarrollo y emergentes, apoyando el desarrollo de capacidades y mejorando las Instituciones de Educación Superior (Higher Education Institutions, HEIs) en los países objetivo, promocionando la investigación conjunta y el intercambio de profesionales centrados en la sostenibilidad, las tecnologías innovadoras y las energías renovables modernas.

Tres propuestas de proyecto han recibido subvención de la Comisión Europea y están actualmente desarrollándose: dos en Egipto bajo el programa TEMPUS y otro en Kenia, Tanzania y Etiopía bajo el programa EDULINK. Los tres proyectos pretenden mejorar los sistemas educativos superiores en desarrollo sostenible y en estrategias energéticas sostenible además de promocionar la cooperación Norte-Sur y Sur-Sur. El principal objetivo es crear una nueva generación de emprendedores sociales con las habilidades correctas para lanzar negocios “verdes”, empresas y productos innovadores y establecer políticas públicas e innovación social.

La Cátedra también realiza actividades de asesoramiento y proyectos junto con ONGs y compañías privadas del sector energético a nivel nacional e internacional. En esta cooperación tecnológica, el papel de la Cátedra se centra en la investigación y está orientado hacia el

desarrollo de capacidades, las soluciones innovadoras y las metodologías para promocionar la penetración de tecnologías energéticas sostenibles.

Consecuentemente, la Cátedra ha promovido un nuevo campo en “energía para el desarrollo”, dentro del Máster en Ingeniería de la Energía. Este campo pretende combinar el conocimiento fundamental de la ingeniería con una aproximación holística para combatir problemas globales con perspectivas integradas, para evaluar el impacto económico, medioambiental y social de las soluciones tecnológicas y de las estrategias de energía sostenible. Los estudios en este ámbito pretenden formar profesionales con un amplio conocimiento en campos técnicos y científicos, capaces de operar en el sector energético a un nivel multi-escala, incluyendo el desarrollo de tecnologías específicas y el análisis energético en áreas y escenarios varios.

Por ejemplo, el curso de “Energía y Cooperación para el Desarrollo” se imparte dentro de este máster e introduce a los y las alumnos y alumnas los aspectos del desarrollo y la cooperación así como al papel de la investigación científica y de la tecnología en este campo, mejorando la base académica de los futuros profesionales con contenidos relacionados con la investigación científica y la innovación para el desarrollo global.

El curso pretende alcanzar dos objetivos educacionales: el primero, proveer las herramientas cognitivas y metodológicas específicas de la cooperación y el desarrollo para incrementar la capacidad de los estudiantes de hacer frente a los desafíos sociales, particularmente los que afectan a las economías en estado crítico; en segundo lugar, juntar la visión ingenieril con una serie de factores humanos y principios éticos necesarios para que los estudiantes puedan desarrollar los instrumentos y valores para generar innovación y desarrollo en diferentes contextos. Las clases ofrecen un repaso de las aproximaciones metodológicas para los proyectos de cooperación relacionados con la tecnología e inspirados por el criterio de sostenibilidad y afronta en detalle los siguientes temas: análisis del contexto, diseño de herramientas participativas y sostenibles, tecnologías apropiadas para la energía y la gestión de recursos, mecanismos financieros y modelos de la evaluación de proyectos de cooperación técnica y finalmente derechos humanos y ética, distribución de recursos e igualdad.

Otro curso, esta vez en el Máster de Ingeniería Ambiental, titulado “Energía para el Desarrollo Sostenible”, pretende proveer a los estudiantes de ingeniería medioambiental de técnicas adecuadas y de conocimientos generales sobre el desafío de la energía en la economía global, mostrando el enlace entre la energía y el desarrollo sostenible. Se presenta también una visión general de la actual situación energética global en términos de indicadores generales y específicos para países con altos, medios y bajos ingresos, con un remarcado hincapié en el enlace entre la energía y el desarrollo socio-económico. Esto preparará a los estudiantes para comprender mejor los módulos tecnológicos en los que se estudian los principios operativos, los análisis de funcionamiento, los costes y el impacto ambiental y social de las principales tecnologías de conversión energética. Se analizan en detalle todos los recursos energéticos y se

debaten dos asuntos principales: el problema del acceso a la energía en los países en desarrollo y la necesidad de buscar un mix energético más sostenible. En clase se realizan debates participativos para desarrollar las habilidades críticas de los estudiantes, basándose en una evaluación cuantitativa y científica.

En 2012 el Politécnico de Milán lanzó, junto con la Fundación del Politécnico de Milán, un programa de responsabilidad académica: el programa Polisocial. Este programa pretende enriquecer las oportunidades formativas con nuevos contenidos y promover la investigación científica y la innovación para el desarrollo.

Un prerrequisito para vivir y trabajar en un contexto internacional es la capacidad de entender y cooperar con diferentes culturas, tradiciones, experiencias, ambientes y economías. Una encuesta llevada a cabo en 2011 en colaboración con Assolombarda, una asociación empresarial del norte de Italia, puso en evidencia la búsqueda por parte de las compañías ingenieriles que operan a nivel global de personas con conocimientos técnicos altamente especializados además de una serie de conocimientos adicionales más generales como aptitudes interpersonales y comunicativas, trabajo en equipo y liderazgo.

Para paliar esta necesidad, se están implementando programas piloto que consisten en equipos multi-disciplinares combinando estudiantes, miembros de facultades y agentes de la sociedad civil. Los proyectos cubren necesidades y urgencias sociales diferentes: acceso de personas discapacitadas a los espacios públicos, renovación de las granjas como lugares con raíces históricas, identificación de espacios para el diálogo social en prisiones, estrategias de comunicación en hogares de acogida, tecnologías de comunicación entre inmigrantes y/o refugiados y sus comunidades de origen y sistemas de Tecnologías de la Información (TIs) para la inclusión social.

En este contexto, son necesarios proyectos de tecnologías de energías renovables para mitigar el impacto medioambiental y aumentar la inclusión social. La investigación científica juega un papel importante en el desarrollo cuando la tecnología y la innovación logran responsabilidad ética y social. Por estas razones, el programa Polisocial promueve becas, Máster, tesis y proyectos de investigación conjunta en países en desarrollo y anima a la comunicación y diseminación del conocimiento. La mayoría de los proyectos de investigación resultantes pretenden promover el desarrollo sostenible de comunidades locales y se centran en el desarrollo de capacidades, el intercambio de conocimientos y la cooperación tecnológica.

## CASOS DE ESTUDIO DE INGENIEROS SIN FRONTERAS – MILÁN

Ingenieros sin Fronteras – Milán (Ingegneria Senza Frontiere – Milano, ISF-MI) es una organización no gubernamental establecida en 2004, cuya misión está basada en la educación, la transferencia de tecnología y la diseminación de los principios del desarrollo sostenible. Los siguientes casos de estudio, en los que ISF-MI ha tenido un papel relevante, ayudarán a demostrar los conceptos anteriormente mostrados con algunas consideraciones concretas y operativas. Cada ejemplo se refiere al marco mostrado en la Figura 4, centrándose en algunas áreas específicas.

### Cómo definir tecnologías apropiadas para actividades productivas: el caso del Centro de Formación de Médina (Senegal)

El proyecto Centro de Formación de Médina (Centro di Formazione Médina, CdFMédina), Médina Training Centre, basado en Médina, Dakar (Senegal), busca mejorar las condiciones de vida, de salud y económicas de los tejedores que trabajan en el ámbito del comercio justo, estudiantes en el CdFMédina y la comunidad en la que operan, a través de formación cualificada y un soporte real para el desarrollo de actividades económicamente sostenibles. El CdFMédina es parte de una amplia cadena textil senegalesa que ha mostrado un creciente esfuerzo en fortalecer la productividad nacional a través de la promoción del algodón orgánico y el redescubrimiento de las técnicas tradicionales de tejido y teñido. El proyecto involucra a colaboradores y actores cualificados en comercio justo, artesanía textil, organizaciones locales no gubernamentales e ISF-MI para la transferencia tecnológica y formación. La tarea de ISF-MI fue la de identificar, evaluar e instalar una solución adecuada para la provisión de energía. Esta tarea se realizó mediante el estudio, desarrollo y uso de tecnologías apropiadas capaces de cumplir con requerimientos de sostenibilidad ambiental, económica y social.

El primer paso fue la realización de un análisis del contexto local (en el centro de la Figura 4), percibiendo la necesidad de electricidad y calor para el centro, determinando los tipos de tecnología necesarios y cómo introducirlos adecuadamente. Se consideraron y estudiaron diferentes recursos y tecnologías para garantizar la satisfacción de las necesidades del Centro con un impacto social, económico y ambiental positivo. Consecuentemente, se desarrollaron varias tesis y grados especializados con el equipo del Departamento de Energía del Politécnico de Milán, conduciendo a un diseño preliminar del sistema más apropiado en el contexto local y con las necesidades de los asociados.

La necesidad de agua caliente para la producción textil (fijado de teñidos) y para el uso doméstico (duchas, cocinas) condujo a un diseño del tipo “hazlo tú mismo” (do-it-yourself, diy) de paneles solares térmicos como alternativa a la biomasa (madera) y gas usados en enclaves tanto urbanos como rurales. Esta solución ofrece ventajas ambientales, económicas y sociales sobre los métodos tradicionales: elimina la generación de CO<sub>2</sub> y el coste e inconvenientes de obtener

madera y gas. Es más, la elección de la técnica “hazlo tú mismo” frente a la solución comercial maximiza los impactos positivos de la actividad, explotando de manera efectiva los recursos locales, creando valor local a través de la formación de personal local y construyendo una potencial oportunidad de negocio para la actividad comercial en Médina.

La introducción del sistema solar térmico condujo a un proceso participativo que involucró la construcción, instalación y mantenimiento, en el que los miembros de CdF y artesanos de Médina se interesaron por la tecnología, permitiendo así la transferencia de conocimientos. Por lo tanto, los artesanos fueron capaces de poner en práctica sus avanzadas capacidades para una nueva solución innovadora.

Por lo tanto, la técnica de construcción propuesta en el proyecto, “hazlo tú mismo”, representa un ejemplo válido de una tecnología apropiada (Outputs, Figura 4) donde cada dimensión de la sostenibilidad es tomada en cuenta. Esta aproximación garantiza al mismo tiempo sostenibilidad ambiental (aumentando el re-uso y reciclaje de materiales desechados), económica (invirtiendo en mercados locales donde hay una constante y creciente demanda) y social (reconociendo el valor del fortalecimiento del conocimiento local y garantizando la independencia de subsidios externos). Se reconoce el valor del potencial de los recursos locales y las capacidades locales yacen en el centro del proyecto en sí.

#### Diseminación de energías verdes: aproximación multi-actor y multi-disciplinar para maximizar el objetivo en áreas rurales (Albania)

Este proyecto incluye el diseño y construcción de plantas piloto para la transferencia de tecnologías y competencias, la diseminación y promoción del uso de fuentes de energía renovable en la agricultura, la agroalimentación y el agroturismo en el noreste de Albania, y la creación y desarrollo de un servicio de atención en el Centro para la Transferencia Tecnológica en la Agricultura (Centre for Technology Transfer in Agriculture, CTTA) en Shkoder. El proyecto también pretende mejorar la eficiencia de las actividades agrícolas a través del uso innovador de las energías renovables, asegurando la independencia energética y la sostenibilidad de las actividades agrícolas.

La falta de ingresos para los granjeros y para las actividades turísticas en las zonas rurales y, al mismo tiempo, la necesidad de suministro energético en áreas remotas del noreste de Albania fueron algunas de las razones para la creación del Parque de Energías Verdes (Green Energy Park, GEP), que ofrece ejemplos concretos e información sobre tecnologías apropiadas disponibles en la actualidad. La creación del GEP empezó en 2012 y actualmente se está desarrollando a través de estudios de viabilidad y de implementación de plantas piloto.

Para lograr el éxito del proyecto fue indispensable la involucración de diferentes actores. El promotor del proyecto es el CTTA, que se asegura del compromiso institucional y la divulgación de

resultados. CeLIM, una ONG italiana que trabaja en Albania desde 1998, ha identificado a los actores locales, las principales actividades agrícolas desarrolladas en Albania y las más prometedoras para futuro de zona noreste. Ingenieros Sin Fronteras – Milán se encarga de la parte técnica del diseño de tecnologías, desde la evaluación de las necesidades energéticas hasta las actividades seleccionadas. La evaluación de las necesidades energéticas y recursos disponibles fue realizada con la participación de los actores locales y el CeLIM para tener en cuenta el impacto social y económico de cada solución tecnológica disponible.

Ingenieros e ingenieras de ISF-MI elaboraron soluciones adaptadas en el plano energético y tecnológico. Su diseño incluyó la gestión sostenible de recursos orientada a garantizar soluciones sostenibles y replicables. Por ejemplo, las soluciones tecnológicas basadas en el uso de biomasa fueron diseñadas teniendo en cuenta todo el proceso de producción, teniendo en cuenta desde el recurso inicial hasta los desechos y desperdicios.

Uno de los resultados más importantes obtenidos con este proyecto ha sido la creación de una efectiva red a través de la cual han podido compartirse conocimientos y buenas prácticas. Con este fin se creó un servicio de asistencia en el CTTA, donde los ciudadanos, empresas y asociaciones puedan consultar con personal local, informarse y tener acceso a material seleccionado. Además, los individuos que han adoptado tecnologías y los entes públicos que trabajan en el campo de la educación y la transferencia tecnológica han participado en el servicio de asistencia con el objetivo de fomentar y difundir recursos energéticos renovables.

## CONCLUSIONES

La importancia del acceso a la energía y la necesidad de un paradigma de desarrollo sostenible requieren amplias competencias y un enfoque amplio y multidisciplinar.

En el campo energético, las aptitudes técnicas son esenciales, pero deben ser combinadas con el factor humano y la interdependencia lógica. Más específicamente, es necesario formar a la próxima generación de ingenieras e ingenieros para que tengan en cuenta el contexto social, económico y medioambiental en el que van a trabajar y su respectiva evolución. Además serán unos actores indispensables en la elaboración de soluciones innovadoras debido a sus altas capacidades técnicas y aptitudes para la resolución de problemas. Rellenar este hueco implica beneficios significantes, adaptando el desarrollo profesional a un nuevo contexto global a la vez que se crea una ética de responsabilidad en cada individuo.

La rol de la comunidad educativa y otros actores es relevante para alcanzar estos desafíos. Deben usarse diferentes enfoques y soluciones. El caso del Politécnico de Milán y los proyectos de Ingenieros Sin Fronteras – Milán representan casos concretos donde los ingenieros se convierten en figuras esenciales capaces de marcar la diferencia en el complejo marco de la intervención en el campo del acceso energético.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adkins, E., Modi, V., Opielstrup, K., 2012. Rural household energy consumption in the millennium villages in Sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, 16, 3, 249-259.
- Agbemabiese, L., Nkomo, J., Sokona, Y., 2012. Enabling innovations in energy access: An African perspective. *Energy Policy*, 47, 38-47.
- Balachandra, P., Nathan, H.S.K., Reddy, B.S., 2009. Universalization of access to modern energy services in Indian households: Economic and policy analysis. *Energy Policy*, 37, 11, 4645-4657.
- Bologna, S., Colombo, E., Masera, D., 2014. *Renewable Energy for Unleashing Sustainable Development*. Springer International Publishing, Cham.
- Bouzarovski, S., Petrova, S., Sarlamanov, R., 2012. Energy poverty policies in the EU: A critical perspective. *Energy policy*, 49, 76-82.
- Brent, A.C., Rogers, E.A., 2010. Renewable rural electrification: sustainability assessment of mini-hybrid off-grid technological systems in the African context. *Renewable Energy*, 35, 57-265.
- Brew-Hammond, A., 2010. Energy access in Africa: Challenges ahead. *Energy Policy*. 38, 5, 2291-2301.
- Burguillo, M., Del Rio, P., Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 5, 1325-1344.
- International Atomic Energy Agency (2009). *Seeking sustainable climate land energy and water (CLEW) strategies*. Vienna, International Atomic Energy Agency.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2012). *World Energy Outlook 2012*. Paris, International Energy Agency.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2013). *World Energy Outlook 2013*. Paris, International Energy Agency.
- Lozano, F.J., Lozano, R. (2014). Developing the curriculum for a new Bachelor's degree in Engineering for Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 64, 136-146.

MaeusezahlFeuz, M., Mehta, S., Smith, K.R., (2004). Indoor air pollution from household use of solid fuels in: Ezzati, M., Lopez, A., Rodgers, A. (Eds.), Comparative Quantification of Health Risks, Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. World Health Organization, Geneva, pp. 1435-1494.

Sovacool, B.K., (2012). The political economy of energy poverty: A review of key challenges. *Energy for Sustainable Development*, 16, 3, 272-282.

UNITED NATIONS. Sustainable Development Solutions Network website. Available from: <[unsdsn.org](http://unsdsn.org)> (16 February 2014).

UNITED NATIONS. Sustainable Development Knowledge Platform website. Available from: <<http://sustainabledevelopment.un.org>> (16 February 2014).

UNITED NATIONS. Sustainable Energy for All website. Available from: <http://www.se4all.org> (16 February 2014).

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (2010). Human Development Report 2010: 20th Anniversary Edition. New York, United Nations Development Programme.

UNITED NATIONS ECONOMIC, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. Sustainable Engineering website. Available from: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/engineering/sustainable-engineering/>> (16 February 2014).

Victor, D., (2005) *The Effects of Power Sector Reform on Energy Services for the Poor*. New York, United Nations.

WORLD BANK (2010). *Innovation policy: A guide for developing countries*. Washington DC. The International Bank for Reconstruction and Development.

WORLD BANK (2012). *World Development Indicators 2012*. Washington, World Bank.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2008). *The global burden of disease: 2004 update*. Geneva, World Health Organization.

## MATERIAL ADICIONAL

World Bank data ([www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)): Data, indicators, The Little Green Data Book

International Energy Agency Data ([www.iea.org](http://www.iea.org)): Key Statistics, World Energy Outlook, Key World Energy Statistics

United Nation Development Program (UNDP) Data ([www.beta.undp.org](http://www.beta.undp.org)): The Energy Access Situation in Developing Countries, Human Development Report

World Energy Council (WEC) data ([www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)): Survey of Energy Resources.

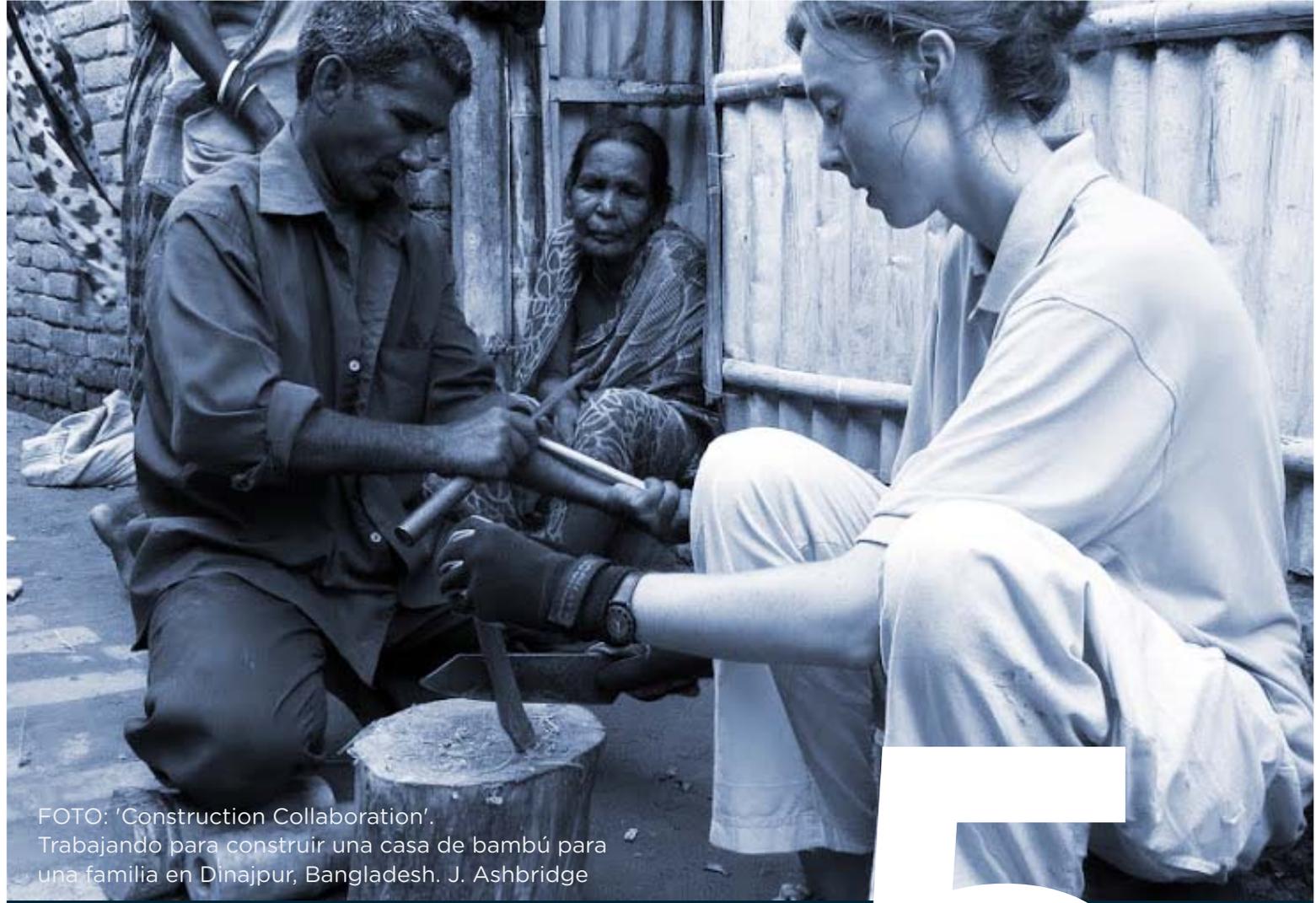


FOTO: 'Construction Collaboration'.  
Trabajando para construir una casa de bambú para  
una familia en Dinajpur, Bangladesh. J. Ashbridge

CAPÍTULO

# 5

## Ética profesional y responsabilidad social de los ingenieros

A.1

La necesidad del ingeniero global

# 5

## CAPÍTULO 5. Ética profesional y responsabilidad social de los ingenieros

### EDICIÓN:

Global Dimension in Engineering Education

### COORDINACIÓN DE LA AUTORÍA:

**Agustí Pérez-Foguet y Enric Velo** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Manuel Sierra** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Alejandra Boni y Jordi Peris** (*Universitat Politècnica de València*)

**Guido Zolezzi** (*Università degli Studi di Trento*)

**Rhoda Trimingham** (*Loughborough University*)

Esta publicación está distribuida bajo una licencia Reconocimiento -No comercial- Compartir Igual de Creative Commons



### COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

**Boris Lazzarini** (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

**Jaime Moreno y Elena López** (*Universidad Politécnica de Madrid*)

**Jadicha Sow Paino** (*Universitat Politècnica de València*)

**Angela Cordeiro y Gabriella Trombino** (*Università degli Studi di Trento*)

**Emily Mattiussi, Sylvia Roberge y Katie Cresswell-Maynard** (*Engineers Without Borders - UK*)

Citación: Lozano, J.F. (2014) 'Ética profesional y responsabilidad social de los ingenieros', in *La necesidad del ingeniero global*, GDEE (eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona. Disponible en: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo financiero de la Unión Europea y de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Forma parte del programa [www.compromisoydesarrollo.org](http://www.compromisoydesarrollo.org), financiado por AECID y ejecutado por ONGAWA - Ingeniería para el Desarrollo Humano. El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente la opinión de las entidades financiadoras

# 5

# ÉTICA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LOS INGENIEROS

**Prof. Dr. J. Félix Lozano**, Universidad Politécnica de Valencia.

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta sesión tiene como objetivo presentar y evaluar los valores éticos y deberes del ingeniero como profesional, así como la responsabilidad social del ingeniero.

En la primera parte nos vamos a centrar en la importancia de la dimensión ética de la práctica de la ingeniería, desde la perspectiva teórica, así como de la práctica. Prestaremos especial atención a los problemas éticos que enfrentan los ingenieros en su trabajo diario (corrupción, seguridad, denuncias de irregularidades, propiedad de la información, etc.). En la segunda parte nos centraremos en la presentación de algún proceso para aumentar la responsabilidad ética y social (código de ética, auditoría ética, informes de sostenibilidad, etc.).

## RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Tras haber participado activamente en las experiencias de aprendizaje de este módulo lectivo, deberías ser capaz de:

- Ser consciente de las implicaciones éticas de la profesión de ingeniería.
- Ser capaz de identificar y aplicar los valores éticos y deberes de la profesión.

Saber y ser capaces de desarrollar críticamente los procesos éticos más usados (códigos de ética, auditoría ética, etc.) en sus trabajos específicos de ingeniería.

## CONCEPTOS CLAVE

Estos conceptos te ayudarán a una mejor comprensión del contenido de este módulo:

- Ética, valores y responsabilidad de los ingenieros
- Temas críticos en ingeniería ética (seguridad, conveniencia de la información, denuncia de irregularidades, etc.).
- Códigos de ética profesionales e informes de responsabilidad, etc.

## PREGUNTAS ORIENTATIVAS

Desarrolla tus respuestas a las siguientes preguntas orientativas mientras realizas las lecturas y progresas con el módulo:

- ¿Por qué ingeniería ética?
- ¿Qué significa ser un profesional responsable?
- ¿Cuáles son los principales problemas éticos en la práctica de la ingeniería?
- ¿Cómo desarrollar la responsabilidad corporativa en ingeniería?

## INTRODUCCIÓN

La explosión del Challenger (1986), el accidente del Exxon Valdez en Alaska (1989), la fuga de gas en Bophal (1984), o el caso del Shell en Nigeria (1995), son algunos de los casos que aparecen en cuanto se empieza a hablar de ética de la ingeniería. Son casos dramáticos que han ocasionados importantes daños ambientales y la pérdida de miles de vidas humanas. Estos casos son un ejemplo práctico de la importancia del comportamiento ético profesional y de la necesidad de la responsabilidad social en las empresas.

Así, la responsabilidad profesional es una parte esencial de la formación de cualquier ingeniero, que debe fortalecer su capacidad de juicio moral y de coraje cívico para desarrollar y aplicar su conocimiento técnico. Éste es el objetivo de este capítulo: presentar las implicaciones de la ética para el ejercicio de la ingeniería, identificar los problemas éticos más frecuentes, y conocer algunos de los procesos que ya existen para el desarrollo de la responsabilidad profesional y empresarial.

## ÉTICA EN LA INGENIERÍA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA

Reflexionar en serio sobre la ética profesional y de las empresas, requiere comenzar por hacer una clarificación sobre qué entendemos por “ética” y que significa realmente “responsabilidad”.

La palabra ética, como tantas palabras con raíz griega (ethos) y con más de 20 siglos de historia tiene diversos y plurales significados. La definición que aquí vamos a seguir y que consideramos adecuada para aplicar al ámbito de la ingeniería es la presentada por J. Dewey and Tufts:

*"La ética pretende dar cuenta sistemática de nuestro juicio sobre la conducta, en tanto esto se estima desde el punto de vista de lo correcto o incorrecto, bueno o malo"*  
(Dewey y Tufts, 1908).

De esta definición podemos extraer tres rasgos esenciales de la disciplina ética y que son muy relevantes para el ejercicio profesional de la ingeniería. La primera es que la ética tiene que hacer juicios argumentados y razonados sobre la conducta humana. Es decir, hay criterios y argumentos para afirmar que una determinada conducta o decisión es correcta o no desde el punto de vista moral. La segunda implicación, muy vinculada a la anterior, es que se trata de un saber práctico, que da orientaciones para la acción y decisión y por tanto no es un saber meramente teórico. Y finalmente, en tercer lugar, es un juicio o razonamiento que se hace teniendo en cuenta la dimensión moral sobre las acciones y decisiones humanas. Esta evaluación de la acción desde la perspectiva de bueno/malo o

justo/injusto, tiene como elemento de referencia fundamental el respeto a principios de comportamiento entre las personas.

La discusión sobre el concepto de ética y sus implicaciones es mucho más extensa y controvertida, pero por resumir, podríamos afirmar que la ética: es un tipo de saber que ofrece criterios y argumentos para orientar nuestras acciones y decisiones en todos los ámbitos de la vida.

Centrándonos ya de forma específica en la ética de la ingeniería, ésta la podemos definir como:

*“Ética de la ingeniería es el estudio de los casos y decisiones morales que confrontan a los individuos y organizaciones en el campo de la ingeniería; así como el estudio de las cuestiones relativas a los ideales morales, el carácter, políticas y relaciones de personas y corporaciones involucradas en actividades tecnológicas”*  
(Martin / Schinzinger 1996, p. 2).

Vinculado al concepto de ética profesional, aparece el concepto de responsabilidad profesional y el de responsabilidad social de las empresas y/o organizaciones. Responsabilidad, en el ámbito de la tecnología, se ha definido como:

*“(...) estar preparado y ser capaz de responder a alguien por algo. Somos responsables, de algo (acción, tarea, trabajo) y hacia alguien (persona o institución).”*  
(Lenk, 1987: 115).

La responsabilidad tiene dos rasgos característicos: la voluntariedad y la capacidad. Voluntariedad supone que un profesional tiene una actitud de disposición y voluntad de responder por las acciones y decisiones tomadas. Y responsabilidad también supone capacidad en tanto en cuanto no se puede pedir responsabilidad a alguien por algo que no es capaz de hacer o evitar.

Los factores limitantes de la capacidad son: conocimiento, recursos y autoridad. Es decir, quien más conocimiento tiene, tiene más capacidad para entender determinados fenómenos y actuar en él (p. e. se le exige más a un ingeniero químico que a un operario que trabaja en una empresa química). Quien tiene más recursos (materiales, económicos, físicos, etc.) está más capacitado para alterar el curso de las cosas (una gran multinacional tiene más responsabilidad para luchar contra la corrupción que un pequeño taller de 5 trabajadores). Y, finalmente, quien tiene más autoridad tiene más responsabilidad (el director general de una empresa tiene más responsabilidad que el trabajador).

El concepto de responsabilidad presentado aquí tiene una perspectiva individual y puede aplicarse a los profesionales de ingeniería. Pero también, en los últimos años, se ha extendido el concepto y filosofía de la responsabilidad social de la empresa (RSE) o de las organizaciones. Por RSE se ha entendido: “La integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores” (EU, 2001). En definitiva, se trata de que avancen en paralelo el crecimiento económico, la cohesión social y la protección medioambiental. Es importante destacar de esta definición su carácter voluntario y su pretensión de complementariedad con las leyes vigentes. Estas iniciativas no sustituyen a las regulaciones legales sobre cuestiones medioambientales y sociales, sino que las complementan. Allí donde no existan unas condiciones mínimas los esfuerzos deben encaminarse al establecimiento de estas condiciones mínimas.

Esta definición tiene cinco rasgos esenciales sobre qué es y cómo debe realizarse la RSE:

- *Voluntariedad.* La opción por incorporar las preocupaciones sociales y medioambientales es voluntaria en el sentido en que no es impuesta legalmente, y que debe ir más allá de las leyes vigentes.
- *Integración.* Las iniciativas de RSE se deben integrar en el día a día de la empresa, en todas las áreas y ámbitos de negocios. No se trata de “un añadido”, ni simplemente de hacer más, sino de hacer diferente. Frente a la acción social que consiste en desarrollar proyectos sociales con los beneficios de la empresa, la RSE se debe integrar en cómo se gana el dinero, cómo se hacen las cosas día a día
- *Consistencia.* Las iniciativas deben perdurar en el tiempo y no ser una simple moda pasajera. Hay dos razones por las que la RSE en la empresa debe ser un proyecto a largo plazo: la primera es por la credibilidad, si una empresa no es consistente y coherente en sus iniciativas de RSE perderá la confianza de la sociedad; y la segunda es porque el desarrollo de las iniciativas de RSE requiere tiempo.
- *Transparencia y rendición de cuentas.* Las organizaciones que optan por asumir sus responsabilidades hacia la sociedad en la que operan deben estar dispuestas a informar de forma diligente y veraz sobre sus acciones, y decisiones en aspectos clave para los diversos grupos de Stakeholders.
- *Diálogo.* La esencia de la RSE es entender la empresa como un actor dentro de la sociedad; y como una institución que debe legitimarse comunicativamente. Frente a una concepción de empresa que la considera independiente, o incluso opuesta y en lucha con la sociedad, una empresa responsable debe estar dispuesta a participar en diálogos con los grupos de afectados.

Estos son los rasgos esenciales de la Responsabilidad Social Empresarial que cualquier empresa, independiente de su tamaño y su ámbito o sector, debería esforzarse por desarrollar.

Los impactos de la RSE puede dividirse en dos grandes bloques según su ámbito de impacto: interno o externo. A nivel interno se refiere a cómo una empresa se comporta en la gestión interna de la empresa. En concreto se ocupa de las cuestiones de la dirección de los recursos humanos (condiciones laborales, beneficios sociales más allá de lo establecido por ley, formación continua, empleo de larga duración, facilidades para colectivos en riesgo de exclusión, respeto a la intimidad, gestión de la diversidad y multiculturalidad, etc.); de seguridad e higiene laboral (medidas de prevención, condiciones de higiene, índice de siniestralidad, etc.), y de la gestión de los impactos ecológicos y de los recursos naturales (consumo de energía, consumo de agua, gestión de los residuos, sensibilización hacia la problemática ambiental, etc.). Por su parte la dimensión externa de la Responsabilidad Social Corporativa se centra en informar sobre el impacto de las empresas en las comunidades locales, en los proveedores, en los clientes, en el respeto a los derechos humanos, y en las cuestiones de biodiversidad y medioambientales globales.

La promoción de la Responsabilidad Social Corporativa requiere un enfoque global e integral en el que se contemple todos los aspectos mencionados anteriormente y se utilicen todos los mecanismos necesarios para su desarrollo.

## PROBLEMAS ÉTICOS EN LA INGENIERÍA: CORRUPCIÓN Y CONFLICTO DE INTERESES, DENUNCIA PÚBLICA, CONFIDENCIALIDAD Y PROPIEDAD DE LA INFORMACIÓN

Son múltiples los problemas éticos con los que se tienen que enfrentar los profesionales de ingeniería. Aquí sólo vamos a hacer una breve presentación de los tres que consideramos más relevantes y frecuentes: Corrupción y conflicto de intereses, whistle-blowing, y propiedad de la información.

### Corrupción

La corrupción la podemos definir como el conjunto de actitudes y actividades mediante las cuales una persona transgrede compromisos adquiridos con otras personas, utilizando los privilegios otorgados y los acuerdos tomados, con el objetivo de obtener un beneficio ajeno al bien común. En las organizaciones, especialmente en las públicas, es la práctica consistente en la utilización de las funciones y medios de aquellas en provecho, económico o de otra índole, de sus gestores. Transparency Internacional, una institución independiente

que se dedica al estudio de la corrupción, define corrupción como el mal uso que se hace del poder que te han confiado para obtener beneficios privados.

La corrupción puede tomar varias formas:

- Soborno: La idea es ofrecer algo a alguien a cambio de que altere, falsifique o facilite mediante malas prácticas que quien le ofrece el soborno obtenga una ganancia o privilegios ilegítimos.
- Extorsión es la presión que, mediante amenazas, se ejerce sobre alguien para obligarle a obrar en determinado sentido.
- Tráfico de influencias. Es cuando desde mi posición utilizo mi poder para facilitar posiciones ventajosas a personas u organizaciones afines a mí. Pueden ser tanto relaciones personales, como a cambio de favores o beneficios de cualquier tipo.
- Fraude. Es el hecho de mentir o alterar la información en beneficio propio frente a los deberes que se tienen asumidos.
- Malversación es el delito que cometen las autoridades o funcionarios que sustraen o consienten que un tercero sustraiga caudales o efectos públicos que tienen a su cargo. La malversación se refiere exclusivamente a uso de dinero para fines para los que no están estipulados.

El conflicto de intereses se define como esa situación en la que un interés económico, profesional o personal puede poner en peligro la objetividad del ingeniero y el compromiso con la buena práctica profesional, así como el comportamiento leal y el buen uso de los recursos de la empresa en la que trabaja. Según lo definen Martin y Schinzinger: “professional conflicts of interest are situations where professionals have an interest which if pursued might keep them from meeting their obligations to their employers or clients” (Martin and Schinzinger, 1996, 216). Ejemplos de conflicto de interés es cuando un ingeniero tiene intereses económicos en empresas competidoras, clientes o proveedoras de la empresa en la que trabaja.

Tanto la corrupción como el conflicto de intereses suponen una alteración de las lealtades y prioridades de los profesionales, y supone violar los pactos implícitos entre empresa o cliente y profesional. Entre los factores que favorecen esas situaciones están:

- El déficit de información y la falta de transparencia en la toma de decisiones.
- Las situaciones de convergencia fuerte entre oportunidades e incentivos. Cuando es muy fácil cometer irregularidad que generan grandes beneficios.
- Cuando se dan déficit legales y un deficiente funcionamiento de las instituciones públicas de control.
- La falta de la valoración social de la honestidad.

Para luchar contra la corrupción hay varios enfoques y estrategias que conviene trabajar simultáneamente. Los enfoques que van dirigidos a incrementar la conciencia de integridad de las personas cuyo objetivo es que los profesionales identifiquen las situaciones de corrupción y tengan la voluntad de superarlas. En estos enfoques las estrategias suelen ser la formación en ética y responsabilidad profesional, así como los códigos éticos y deontológicos profesionales. Otro tipo de enfoques son los que se dirigen a las organizaciones y el contexto institucional y que pretende desarrollar un sistema normativo, y de sanciones e incentivos que haga difícil caer en la corrupción o colocarse en situaciones de conflicto de intereses.

### Whistle blowing

Whistle blowing es la denuncia que hace pública una persona cuando tiene conocimiento que en su organización se está actuando de forma inmoral o ilegal y comporta un riesgo para la sociedad. Un ejemplo paradigmático donde se debía haber dado el Whistle-blowing es la explosión del Challenger en 1986 (Whitbeck, 1998: 133-145). Es el acto de informar a personas relevantes sobre las faltas, irregularidades o la corrupción legal o moral de la organización. Y entendemos por “personas relevantes” a aquellas que están en una posición que les permite actuar en respuesta a esa situación.

De esta definición podemos extraer varias implicaciones:

- La denuncia tiene que ser pública.
- Su finalidad debe ser evitar un riesgo para el público.
- La persona que hace la denuncia debe tener evidencia del peligro de la conducta de su organización.
- Esa acción puede ser inmoral y/o ilegal.

Para que la acción de denuncia contra la propia organización sea una decisión ética y no una venganza hay que observar cuatro criterios básicos: (1) cuando la intencionalidad del agente es salvaguardar la seguridad y el bienestar de las personas, (2) cuando se tienen evidencias fundadas de la mala práctica y del grave riesgo que implica, (3) cuando se han buscado otros cauces de denuncia dentro de la organización y no han dado resultados, (4) y cuando se considera razonablemente que con la denuncia se evitará el daño. El profesional que ante una situación de este tipo responde con una denuncia que pone en peligro su futuro profesional dentro de la organización demuestra un gran coraje moral y una conciencia ética en la que se anteponen los intereses generales a los particulares.

## Confidencialidad y propiedad de la información

Uno de los temas más graves y discutidos en los últimos años han sido los referentes a la confidencialidad y a la propiedad de la información. Las tecnologías de la información permiten una recolección, almacenamiento, clasificación y transporte de enormes cantidades de información a un coste muy bajo y en tiempo real. Y lo que es obviamente una ventaja, también tiene sus riesgos.

La confidencialidad es la obligación de respetar la información privada de una persona u organización. Significa la no revelación de información sobre la cual no tenemos el derecho a decidir, y que podría causar daño a otra persona u organización.

Aquí nos vamos a referir fundamentalmente a la información de la organización a la que una persona tiene acceso por el trabajo que realiza (datos económicos o técnicos, datos clientes, tecnología, etc.). La mayoría de las empresas que trabajan en sectores de alto componente tecnológico tienen cláusulas y toman medidas para evitar que el conocimiento que es fuente fundamental de su competitividad, pueda llegar a otras empresas.

Hay información y conocimiento protegido por derecho de patentes y leyes de copyright, pero hay otro tipo de información y conocimiento más difícil de proteger. Es el conocimiento implícito o generado a través de la experiencia laborar en una empresa concreta y que ha elaborado y desarrollado el profesional. Muchas empresas imponen a sus ingenieros cláusulas de confidencialidad muy estrictas que incluyen incluso la prohibición de trabajar en el mismo sector una serie de años después de haber abandonado la empresa.

Para una gestión ética de la información hay que hacer dos preguntas fundamentales: ¿Quién ha obtenido la información y con qué medios? ¿Cuál es la finalidad en el uso de esa información? La respuesta a la primera pregunta nos orientará para saber qué tipo de información y conocimiento puedo utilizar más allá de mi ámbito laboral y cuál no. Y la respuesta a la segunda nos ayudará a identificar en qué momento el uso de una información es legítima o no. En esta segunda cuestión surge el problema de la obligación de confidencialidad en casos de conflicto entre el interés de la empresa y un bien social.

Confidencialidad es una obligación prima facie pero no una obligación absoluta. Respetar la confidencialidad es un deber que, de entrada, debemos cumplir, siempre que no colisione con otro deber más fuerte. La obligación de respetar la información privada de una persona o de una organización encuentra sus límites cuando: (1) el objetivo moral que justifica la violación de la confidencialidad es realista y posible de alcanzar; (2) la violación de la confidencialidad es el único camino posible para alcanzar el objetivo legítimo; (3) cuando el infringir la norma de respetar la confidencialidad se hace de la forma menos perjudicial

posible; y (4) cuando la persona debe buscar minimizar los efectos de esa violación de la confidencialidad.

La esencia de la confidencialidad es el mantener el secreto, ser de confianza y no divulgar información perteneciente a otras personas u organizaciones sin su consentimiento.

## PROCESOS PARA EL DESARROLLO DE LA RESPONSABILIDAD EN INGENIERÍA: CÓDIGOS ÉTICOS E INFORMES DE AUDITORÍAS

Una forma, y clásica, de materializar esta vinculación e interconexión de la ética y las actividades profesionales son los códigos éticos y los códigos deontológicos.

### Códigos éticos y deontológicos

Un código de ética profesional puede ser concebido como un reconocimiento colectivo de la responsabilidad de los profesionales individuales. Cuando se especifica en una forma clara y concisa, un código puede ser un factor decisivo en la creación de un ambiente en el cual la conducta ética sea la norma. "Un código ético para ingenieros debe ser una declaración concisa de reglas generales para la conducta profesional, preferentemente de naturaleza positiva." (Unger, 1994:107).

La principal función de un código es servir de guía o advertencia para la conducta en situaciones específicas. Esto no quiere decir que se deba utilizar como un libro de cocina o un manual para resolver problemas complejos.

Un código debe ser diseñado fundamentalmente para inspirar, dar coraje y apoyar a los profesionales éticos, tanto como para servir de base para proceder contra los que actúan mal. En contraposición con los códigos legales, los éticos no deben sólo prohibir conductas, sino que deben tener un énfasis positivo, apostando por modelos deseables de conducta profesional. En este sentido, según Hans Lenk (1987) podemos distinguir en todos los códigos dos tipos fundamentales de normas: (1) normas de prohibición, (2) normas de orientación. Ambas deben conjugarse para formar un documento, que a la vez que marca claramente la línea de lo permitido y no permitido en el ejercicio de la profesión, señale a las más altas de las cimas de la excelencia profesional.

Según Martin/ Schinzinger los papeles que desempeña un código deontológico son:

- Inspiración y guía. Los códigos aportan un estímulo positivo para el comportamiento ético, a la vez que son una guía de ayuda para clarificar las responsabilidades de los ingenieros.
- Apoyo. Los códigos brindan apoyo a quienes actúan éticamente y,

potencialmente pueden servir como apoyo legal a los ingenieros criticados por cumplir con las más altas exigencias de su profesión.

- Disuasivo y disciplinario. Los códigos pueden servir como base formal para investigar las conductas no éticas.
- Educativo y de entendimiento mutuo.
- Contribuyen a la imagen pública de la profesión.

En cualquier caso no se debe perder de vista que la exigencia ética que fundamenta los códigos deontológicos y demás instrumentos autoregulatorios es la responsabilidad. El concepto de responsabilidad – tal y como hemos apuntado anteriormente – es la clave de todo el actuar profesional.

### Auditorías éticas y guías para la gestión de la RSE

Las auditorías sociales están siendo uno de los elementos clave para mejorar la aportación de las empresas al bien y al progreso social. Las auditorías éticas y sociales han emergido en los últimos años como una herramienta de doble uso. Por un lado son un mecanismo decisivo para responder a la mayor exigencia de transparencia y por otro son una herramienta para la dirección de las organizaciones en un entorno de mayor complejidad económica, cultural y social.

### **Social Accountability 8000**

Una de las certificaciones que ha colaborado de una manera considerable al desarrollo de las auditorías éticas ha sido las SA 8000 (Social Accountability 8000) desarrolladas por Social Accountability International (SAI). La SA8000 es una norma auditable y verificable por un entidad independiente, que establece los requisitos a ser cumplido por los empleadores en el lugar de trabajo. Las SA 8000 son unas normas elaboradas basándose esencialmente en las declaraciones de Derechos Humanos, en las de la OIT referidas a los derechos de los trabajadores y las de la UNESCO sobre los derechos del niño.

El objetivo de estas normas es garantizar unas condiciones de trabajo dignas y básicas en todo el mundo. Por ello los criterios que fija son iguales para todo el mundo y va especialmente orientado a empresas que operan en entornos socioeconómicos, políticos y jurídicos desfavorecidos y débiles.

Los ámbitos esenciales en los que centra la evaluación de las condiciones del trabajo la SA8000 son 9:

- Trabajo infantil. Según la SA8000 la empresa no debe practicar o apoyar el trabajo infantil. Se considera trabajo infantil aquel realizado por niños en edad

escolar o como mínimo 15 años. También se establecen criterios para los trabajadores jóvenes, que serían aquellos que están entre 15 y 18 años. Para estos se establece un límite máximo de 8 horas y nunca en turnos nocturnos ni en trabajos de riesgos. En caso de que una empresa se encuentre con trabajo infantil debe proporcionar ayuda y financiación para una solución responsable de la situación.

- Trabajo forzoso y obligatorio. Está prohibido el pago de “depósitos” o la retención de documentos de identidad de los trabajadores. El punto esencial de este aspecto es que el trabajador debe tener libertad para terminar la relación laboral y debe tener libertad para salir del centro de trabajo después de concluir su jornada.
- Seguridad y salud. Éste es uno de los aspectos más extensos y detallados. Aquí se trata de que el trabajador pueda disponer de un ambiente de trabajo seguro y saludable. En esta línea la empresa debe desarrollar los mecanismos básicos de protección laboral y de prevención de accidentes. También las cuestiones de higiene y acceso a agua potable, así como la protección de las madres y futuras madres son criterios evaluables por la SA8000.
- Derecho a sindicación y de negociación colectiva significa que todas las personas tienen derecho a formarse, afiliarse y formar un sindicato; y a asociarse para negociar colectivamente sus condiciones de trabajo. También la empresa debe garantizar la seguridad de los representantes de los trabajadores así como la libre comunicación entre ellos.
- Discriminación. Ninguna empresa puede permitir ningún tipo de discriminación en la contratación, acceso y remuneración laboral. Esta norma de no discriminación incluye el deber de no inmiscuirse en las prácticas religiosas, culturales, o de otro tipo; así como el tomar medidas para evitar comportamientos abusivos, amenazadores o denigrantes dentro de la empresa.
- Medidas disciplinarias. Las empresas deben tratar con respeto y dignidad a todos los trabajadores. No se permite ningún tipo de castigo corporal, abuso verbal o coerción.
- Horario de trabajo. La jornada laboral no debe exceder las 48 horas semanales y debe haber al menos un día de descanso completo. En situaciones especiales se aceptaran hasta 12 horas extra semanales, que deben ser voluntarias.
- Remuneración. La empresa debe asegurarse que sus salarios cumplen las normas legales o del sector y sean suficientes para cubrir las necesidades básicas del personal.
- Sistema de gestión. El sistema de gestión hace referencia a todas las medidas que debe desarrollar una empresa para desarrollar y cumplir de forma efectiva con las exigencias anteriores. Entre ellas se encuentra: la redacción y publicación escrita de las condiciones laborales de la empresa, la participación

de representantes de los trabajadores en la supervisión de la SA8000, la revisión periódica de la norma, el control de proveedores y subcontratistas, y la participación en diálogos con todos los grupos de intereses.

## ISO26000

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una institución bien conocida mundialmente por sus normas técnicas para la calidad, la seguridad, y otros ámbitos de la actividad empresarial. Recientemente, tras varios años de trabajo y contando con la participación de expertos de más de 90 países, la ISO 26000 – Guía de responsabilidad Social, se ha unido a la familia ISO.

El objetivo de esta guía es orientar en el desarrollo de la responsabilidad social empresarial como un camino para hacer una contribución positiva y efectiva al desarrollo sostenible. Cabe advertir, frente a otras normas ISO, que la ISO 26000 no es una norma certificable, sino que es una “orientación a los usuarios”.

ISO 26000 entiende la responsabilidad social como: “la voluntad de las organizaciones de incorporar consideraciones sociales y ambientales en su toma de decisiones y de rendir cuentas por los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el medio ambiente” (ISO 26000:2010 – 3.3.1). Partiendo de esta definición la guía se estructura en siete principios:

- Rendición de cuentas que implica dar explicaciones de su impacto en la sociedad, la economía y el medio ambiente; así como someterse al escrutinio adecuado y responder a él. El reconocimiento de los errores cometidos, así como las medidas adecuadas para repararlos y las medidas de prevención son rasgos esenciales de la rendición de cuentas.
- Transparencia significa: “revelar de forma clara, precisa y completa y en un grado razonable y suficiente la información sobre las políticas, decisiones y actividades de las que es responsable” (ISO 26000:2010- 4.3). Es decir, los afectados deben tener acceso fácil y veraz a la información sobre las decisiones que les afectan.
- Comportamiento ético es un principio que se concreta en la promoción activa de un comportamiento honesto, equitativo e íntegro. Para ello hay varias actividades esenciales entre ellas está la identificación y declaración de sus valores y principios fundamentales; la prevención o resolución de conflictos de interés; así como el establecimiento y mantenimiento de mecanismos de supervisión y control.

- Respeto a los intereses de las partes interesadas que incluye no solo a los propietarios, socios y clientes, sino a otros grupos que tienen intereses en la marcha de la organización. El respeto a las partes interesadas implica la identificación de los diferentes grupos; el reconocimiento y respeto de sus intereses; y la consideración de las capacidades de los grupos para hacer oír sus intereses, entre otros.
- Respeto al principio de legalidad como un principio incuestionable y obligatorio que implica conocer la legalidad que le afecta, y el cumplimiento de ellas aun cuando la autoridad encargada de velar por su cumplimiento no sea eficaz en su tarea.
- Respeto a la normativa internacional de comportamiento, donde por normativa internacional de comportamiento se entiende los comportamientos derivados del derecho internacional consuetudinario, principios de derecho internacional generalmente aceptados o acuerdos intergubernamentales, reconocidos de manera universal o casi universal.
- Respeto a los derechos humanos es una exigencia ineludible para una empresa responsable y exige su protección en todas las culturas, países y situaciones. Y no se trata solo de no violarlos directamente, sino también de no beneficiarse de su violación.

Estos principios para el desarrollo de la responsabilidad social empresarial son guías o directrices para un comportamiento correcto en el mundo de los negocios. Y estos principios son especialmente relevantes y deben realizarse en siete ámbitos o materias fundamentales: Gobernanza de la organización, Derechos humanos, Prácticas laborales, Medio Ambiente, Prácticas justas de cooperación, Asuntos de los consumidores, Participación activa y desarrollo de la comunidad. Para cada una de estas materias fundamentales una organización debe identificar y abordar todos aquellos asuntos que inciden de forma decisiva en sus decisiones y actividades.

El desarrollo efectivo de la responsabilidad social de una empresa, según la ISO 26000 supone una auténtica integración de los principios y los temas enunciados anteriormente a todas las actividades de la empresa. Obviamente la aplicación de esta guía variará dependiendo del entorno físico y de negocios, del tipo y tamaño de la empresa, pero la norma recomienda una serie acciones válidas para todas las empresas. La diligencia debida a la hora de identificar los impactos negativos, la evaluación de la pertinencia e importancia de los asuntos, así como la evaluación de la esfera de influencia de una organización están entre las más relevantes. Y finalmente, pero no por ello menos importante, la cuestión de comunicación de la responsabilidad social como un elemento para incrementar la credibilidad de la empresa es considerada y regulada por la ISO 26000:2010.

## CONCLUSIÓN

En este capítulo hemos querido presentar brevemente la importancia de la dimensión ética y de responsabilidad en la ingeniería. Las conclusiones concretas que podemos formular son:

- La dimensión ética y la responsabilidad son parte esencial del ejercicio de la ingeniería. El poder generado por el conocimiento científico y técnico implica una gran responsabilidad puesto que puede afectar a la vida de muchas personas, de forma muy intensas e incluso a generaciones futuras.
- Los problemas éticos en ingeniería son frecuentes e intensos y no tienen una respuesta mecánica. La reflexión personal y la capacidad del juicio moral de los profesionales, junto con el desarrollo de una estructura y cultura organizativa responsable son esenciales para enfrentarlos con garantías.
- Desde hace años existen procesos e instrumentos para fomentar la integridad profesional y la responsabilidad organizacional en el ámbito de los negocios y las profesiones. Los códigos éticos y deontológicos, así como los procesos de auditoría ética son los más reconocidos y utilizados.

Finalmente, solo cabe recordar que la formación ética de los profesionales es esencial para el ejercicio de la ingeniería con responsabilidad. Los estudiantes de ingeniería deben ser conscientes del impacto ético de su trabajo y de la necesidad de respetar los principios de justicia y fomentar los valores éticos en su actividad. Solo así harán una aportación positiva a la construcción de un mundo más justo y al desarrollo humano sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

- European Union (EU). 2001. Green paper - Promoting a European framework for corporate social responsibility. Available from: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0366:EN:HTML>>. [February 2014]
- ISO. 2010. ISO 260000 – Social Responsibility. Available from: <<http://www.iso.org/iso/home/standards/iso26000.htm>> [April 2014]
- Lenk, H. 1997. Einführung in die angewante Ethik. Kohlhammer, Stuttgart.
- Lozano, J. F. 2006. Developing an ethical code for Engineers: the discursive approach. Science and Engineering Ethics, 12, 245-256.
- Lozano, J. F. 2011. Qué es la ética de la empresa. Edit. Proteus, Barcelona
- Martin, M.W., Schinzinger, R. 1996. Ethics in Engineering, McGraw- Hill, New York.
- OECD 2009. OECD Convention on Combating Bribery of Foreign Public Officials in International Business Transactions. Available from: <http://www.oecd.org/corruption/oecdantibriberyconvention.htm> [March 2014]
- Raufflet, E.; Lozano, J. F.; Barrera, E.; García, C. 2012. Responsabilidad Social empresarial. Ed. Pearson, Mexico-Madrid.
- Social Accountability International (SAI). 2014. SA8000 Standard. Available from: <<http://www.sa-intl.org/index.cfm?fuseaction=Page.ViewPage&PageID=937>> [April 2014]
- Schollosberger, E. 1993. The ethical Engineer. Temple University, Philadelphia.
- Transparency International. 2008. Bribery Payers index. Available from: [http://www.transparency.org/whatwedo/pub/bribe\\_payers\\_index\\_2008](http://www.transparency.org/whatwedo/pub/bribe_payers_index_2008) [March 2014]
- Unger, S. H. 1994. Controlling technology: Ethics and the responsible Engineer. John Wiley and Sons, New York.
- Whitbeck, C. 1998. Ethics in Engineering practice and research. Cambridge University Press, Cambridge.

## MATERIAL ADICIONAL RECOMENDADO

- SA. 8000: <http://www.sa-intl.org/index.cfm?fuseaction=Page.ViewPage&PageID=937> , [accessed January 2014]
- Transparency International  
<http://www.transparency.org/>
- Online Ethics Center for Engineers and Research  
<http://www.onlineethics.org/>
- Roger Boisjoly. The Challenger case.  
<http://www.onlineethics.org/Topics/ProfPractice/Exemplars/BehavingWell/RB-intro.aspx>
- Lampierre, D. and Moro, T. 2002. Five past midnight in Bhopal. The Epic Story of the World's Deadliest Industrial Disaster. Warner Books, New York,
- Bhopal disaster (BBC)  
[http://www.youtube.com/watch?v=rJg19W8x\\_Ls](http://www.youtube.com/watch?v=rJg19W8x_Ls)
- National Institute for Engineering Ethics  
<http://www.niee.org/murdoughCenter/index.php>
- Global Reporting Initiative  
<https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>
- Shell in Nigeria  
<http://www.youtube.com/watch?v=htF5XEIMyGI>  
<http://www.youtube.com/watch?v=bq2TBOHWFRc>
- Markkula Center for Applied Ethics  
<http://www.scu.edu/ethics/practicing/focusareas/cases.cfm>



**GDEE**

GLOBAL  
DIMENSION IN  
ENGINEERING  
EDUCATION

<http://www.gdee.eu>



Con la financiación de

