



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Ética y sustentabilidad en la ingeniería:
Energías limpias

T E S I S

Para obtener el título de:
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

Alain Balaguer Mercado

DIRECCIÓN:

Gonzalo López de Haro
José Luis Fernández Zayas



Ciudad Universitaria, México 2011

A mis padres Marina y Antonio...

Agradecimientos

Es un gusto presentar este trabajo, que fue posible gracias a Dios por medio de sus protecciones y orientaciones, agradezco profundamente estos otorgamientos.

El largo y arduo desarrollo de la educación que dio lugar a este librito, lo debo materialmente a mis padres que me han abierto un mundo de oportunidades: Marina Mercado Rivas y Antonio Balaguer Huerta (en algún lugar del astral ahora), gracias a su dedicación es que se me ha abierto camino hasta el día de hoy, sinceramente muchas gracias por todo su cariño, guía y apoyo. A mi abuela Marisela Rivas Olivares, quien siempre fue cariñosa matriarca, voz de aliento y brújula espiritual; le reservo un agradecimiento muy especial y sincero.

La UNAM, una de las instituciones más bellas que conozco en México me lo ha dado todo en materia de educación superior y oportunidad, a esta gran comunidad le quedo a deber y por el momento espero baste con un sincero y sentido agradecimiento.

A mis queridos profesores que dirigieron esta tesis, el Ing. Gonzalo López de Haro y el Dr. José Luis Fernández Zayas, quienes más que supervisión, aportaron entre otras cosas, su sabiduría, oído, risas, puntos de vista, opiniones, sugerencias, contactos, conocimiento, consuelo y tiempo que probablemente no tenían para leer, y releer esta tesis. Con ellos también quedo en deuda y les agradezco sinceramente todo su esfuerzo y cariño dedicado a su labor.

A mis sinodales por prestar su tiempo para hacer sinceros y acertados comentarios que ayudaron a terminar este trabajo, muchísimas gracias.

Al Dr. Andrés Gerardo Roche Bergua, inspiración y brújula en este mundo, le agradezco enormemente toda su ayuda, interés y guía que me ha auxiliado tremendamente hacia el final de este periodo en todos los aspectos.

Al Dr. Adrián Zurhaar Villarreal, también inspiración, por su sincero apoyo, curaciones, ayuda y atenciones a lo largo de este viaje le quedo tremendamente agradecido.

A mis amigos, Eduardo Robledo García, (alias *El Robs*), Erick Cruz García (alias *El Er*), Pedro Navarro García (Pedro a secas); los tres son inspiración, compañeros de infinitas diversiones y reflexiones, buenos hombros en las malas; *hermanos: les quedo agradecido de corazón*. A todos mis guardianes y guías que actúan tras bambalinas también les dedico un sincero y gran agradecimiento.

Índice

Prefacio	7
Motivación	8
Objetivo	8
Introducción	13
Capítulo 1: Ética, sustentabilidad y tecnología	19
La técnica: expresión del devenir del humano	20
Implicaciones de la técnica	23
La tendencia a seguir	25
A decir de la ética	30
Capítulo 2: Energía Nuclear	33
Introducción y panorama mundial	33
La energía nuclear	35
Radiactividad	36
Fisión y fusión nuclear	37
Reactor nuclear	37
Ciclo de combustible	39
Perspectivas generales	40
Ponderaciones éticas	43
Fusión del núcleo del reactor	43
Combustible nuclear	44
Desechos nucleares	45
Recomendaciones	46
Capítulo 3: Energía solar	49

Fundamentación	49
Tecnología solar	52
Arquitectura solar pasiva	52
Suministro de agua caliente	54
Tecnología de concentración solar	55
Páneles fotovoltaicos	57
Energía solar, su papel en la sustentabilidad	58
A considerar	61
Nación, ecología y educación	63
Elección profesional	64
Dentro de las aulas	67
Perspectivas y comentarios finales	69
Bibliografía y hemerografía	78
Mesografía	81

Prefacio

Esta tesis es una investigación que examina la relación entre sustentabilidad, ética y tecnología. Es en gran parte un panorama reflexivo que pretende invitar al lector a una ponderación independiente. Por ello sólo se delinea lo que de acuerdo a las inquietudes que motivaron este trabajo parece lo más esencial, tratando de apelar al mejor juicio del lector. Quien consulte esta tesis, se encontrará con un trabajo atípico desde la óptica de las tesis del campo ingenieril; este examen se puede juzgar como exitoso si logra introducir al lector en el tema e invitarlo a reflexionar sobre el acoplamiento que debe existir entre la tecnología, la ética y la sustentabilidad; además de encaminar a sopesar el papel que debe tomar la técnica, el saber hacer, en esta época.

Se hace la temprana invitación a que el lector genere sus propias conclusiones, por ser la sustentabilidad una actividad que se debe relacionar con los múltiples campos del quehacer humano, que precisa de opiniones multi-disciplinarias que resalten aspectos a veces no aparentes a los ojos de los ejecutores de un proyecto o iniciativa, porque la discusión en estos temas es necesaria y nutritiva; pero debemos recalcar que esta discusión es un medio y no un fin de los esfuerzos a emprender.

Esta tesis es un trabajo modesto pero no menos necesario, es modesto porque el tema es muy vasto y de alcances amplios y no se pretende dar una solución tajante; pues como se irá notando a lo largo del trabajo, el camino hacia un futuro saludable es una transición que debe ser revisada paso a paso.

Motivación

A partir de las inquietudes que me surgieron como estudiante de ingeniería y saberme parte de una comunidad de tecnólogos, me pareció necesario revisar el papel de la tecnología en nuestros días al ser evidente que ésta ha sido motor de desarrollo en muchos aspectos y de detrimento en otros; la ecología y la salud son un ejemplo. También me pareció imperioso indagar en el cuestionamiento siguiente: ¿Ha sido la tecnología en verdad un contribuyente al correcto mejoramiento de la sociedad, el ser humano y su medio? La meditación sobre esta cuestión me llevó a una cuestión aún más productiva: Dejando de lado la cuantificación del balance beneficio-daño, debida al uso de la tecnología, es más importante preguntar, ¿de qué manera se puede corregir el daño hecho y de que manera, a través de la tecnología, podemos perpetuar una estancia digna en convivencia con nuestros congéneres y con el planeta? Podemos decir que esa pregunta es motor de este trabajo para fundamentar, a través de la reflexión, el por qué de la transición necesaria a un futuro tecnológico más saludable y traspasar el *por qué* para ir al *cómo*, llegando subsecuentemente a un pequeño análisis de las tecnologías disponibles para producir energía, que es un recurso estratégico para el desarrollo de un país.

Objetivo

El fin de esta tesis es contribuir en formar una conciencia dentro del campo de la ingeniería sobre la problemática que debe enfrentar el desarrollo tecnológico el día de hoy, y con éste el desarrollo de una nación. Fuera del campo de la ingeniería, se busca hacer saber el papel que juega la ingeniería en la corrección de errores pasados y la contribución de ésta a los proyectos de la humanidad en el futuro, cualesquiera que éstos sean, pues la técnica siempre acompañará el devenir del hombre¹. Por otro, lado también se busca sensibilizar al lector, ingeniero o no, con las interacciones contraproducentes y positivas entre la técnica y el medio que la rodea. Otro propósito es orientar la reflexión y los esfuerzos hacia el trinomio *Ética, Sustentabilidad e Ingeniería* y su interacción mutua.

¹ El grado de tecnificación del ser humano refleja una característica distintiva del hombre en el planeta.

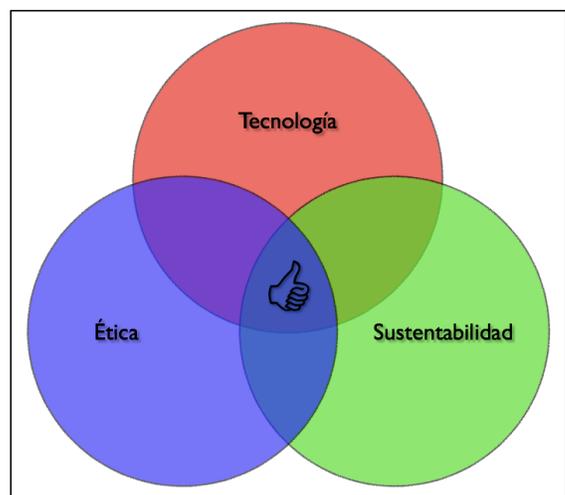
El desarrollo de esta tesis partió de las preocupaciones encontradas al estudiar la carrera de ingeniería, que llevaron a responder tres propósitos en concreto, que son: las formas de producir energía eléctrica, la ética permeada en una profesión como la ingeniería y la reflexión sobre la educación. Los objetivos particulares de cada uno se esbozan a continuación:

En cuanto a la ética, el propósito es utilizarla para analizar el papel de la técnica en el mundo, plantear las cuestiones ¿a dónde hemos llegado a través de la tecnología? ¿A dónde debemos ir?

En cuanto a la reflexión sobre la educación, hacer patente la necesidad de incorporar los valores de la sustentabilidad en la formación de ingenieros, además de abrir oportunidad para que los educandos de mayor integridad tengan acceso a las herramientas que la educación superior les puede otorgar, para consolidar olas de profesionistas comprometidos con asegurar un futuro saludable.

En cuanto a las formas de energía, se seleccionaron dos: energía solar y energía nuclear, para poner en buen uso el enfoque ético de la primera parte del trabajo y así contrastarlas, haciendo mención y sopesando las implicaciones y las características favorables y desfavorables de las dos, y para tratar de establecer qué papel deben jugar de acuerdo a la orientación hacia la sustentabilidad.

El diagrama contiguo, sugerido por el Dr. Alejandro Ramírez Reivich, explica gráficamente la relación del trinomio *ética, sustentabilidad y tecnología*. Lo que se trata en esta tesis se señala, en el centro, como la intersección entre los tres conjuntos.



Para concluir el prefacio, cabe hacer breve mención del *cómo* de la elaboración de este trabajo. Como ya se mencionó, se dió pie a diferentes inquietudes relativas al desarrollo tecnológico, empezando por preguntas tan alejadas del tema ahora en mano como: ¿por qué no se hace más investigación en México? o ¿por qué no hay el suficiente desarrollo tecnológico en el país?. Sin embargo, el gran interés que tengo por la ética me condujo intuitivamente hacia el presente resultado y gracias al punto de partida es que se ha conformado este trabajo.

El tiempo de realización rondó el año y medio durante el cual se dió un maravilloso proceso de maduración de ideas acerca de los tres temas centrales dibujados en el diagrama delineado arriba. Esta maduración involucró una visita a la central nuclear de Laguna Verde en el estado de Veracruz, una visita al CIE (Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM) en el estado de Morelos, múltiples entrevistas con alumnos de diversas carreras, de otras universidades y países, e investigadores. También varias lecturas como *El Rompecabezas de la Ingeniería* por el Dr. Daniel Reséndiz, artículos acerca de la ética, tecnología y energía publicados por la UNESCO, el libro *How Are We to Live?*² de Peter Singer, entre muchos otros incluidos en la bibliografía. Con respecto al método que se usó, se puede decir que fue *intuitivo-investigativo-imaginativo* y la energía vertida sobre la reflexión de los temas dió forma a este pequeño pero ambicioso trabajo.

Agradezco enormemente a todos los que hicieron posible cada gran avance de esta tesis:

Ing. Gonzalo Lopez de Haro
Dr. José Luis Fernández Zayas
Ing. Norberto Chargoy del Valle
Fis. Edgar Salazar Salazar
Dr. Juan Luis François Lacouture
Dr. Baltasar Mena Iniesta
Dr. Manuel Martínez Fernández
Ing. Augusto Sánchez Cifuentes
M.E. Alejandra Vargas Espinoza de los Monteros

² ¿Cómo habremos de vivir?

Dr. Alejandro Cuauhtemoc Ramírez Reivich

Ing. Eduardo Robledo García

Dr. Andrés Roche Bergua

Marina Mercado Rivas

Dr. Raymundo Balderas

Sinceramente, muchas gracias

Introducción

Tú debes ser el cambio que quieres ver en el mundo
Mahatma Gandhi

La disponibilidad y el consumo de energía están directamente ligados con el nivel de vida de una población. Desde tiempos inmemoriales, la energía ha sido aliada y enemiga del ser humano. Ha estado a nuestro favor el poder del fuego en la hoguera y en la estufa; ha sido dañino al desatar destructores incendios. La fuerza del viento ha impulsado nuestros molinos; los huracanes y tornados han arrasado con casas y comunidades enteras. La fuerza hidráulica mueve las turbinas que producen parte de la electricidad que usamos; los ríos desbordados arrasan poblaciones. Hoy seguimos persistiendo, a pesar de las inclemencias del mundo natural y la energía que desata sobre nosotros. También nos ha sido posible dominar las técnicas que ponen a la energía de nuestro lado. La forma más directa de energía, que conocemos y dominamos, es la electricidad y posibilita en mucho la forma de vida que tenemos.

En esta época ya no podemos culpar a los desastres naturales de ser la gran amenaza que se cierne sobre la población, se puede decir que la amenaza en su origen es el detrimento indiscutible de nuestro medio, de nuestro albergue, nuestra casa el planeta tierra. Nuestro afán tecnológico, usado en parte para dominar las formas de energía, ha comenzado a perjudicar el sistema terrestre que nos mantiene con vida. Ahora nos damos cuenta que hay fenómenos en el planeta que no entendemos completamente, como el calentamiento global. No obstante, sin darnos a la tarea de entender como funciona el

medio donde vivimos, nos volcamos en nuestro afán tecnológico y empezamos a cambiar el equilibrio del planeta, es decir, empezamos a afectarlo.

A la luz de la situación actual, referente a los recursos naturales y la calidad de vida estimada para los años venideros, se hace patente la necesidad de usar tecnologías más adecuadas a las necesidades ambientales y sociales. Se pronostica que de seguir utilizando los procesos tecnológicos y tendencias de consumo actuales, la vida como la conocemos sufrirá un cambio dramático; las carencias que existen ahora se agudizarían y aparecerían nuevas. Es decir, ya se ve que las tendencias económicas y tecnológicas actuales no son viables. Es necesario hacer una serie de cambios que posibiliten que todos los habitantes del planeta ,(flora, fauna y todos los elementos que las sustentan) podamos seguir co-existiendo.

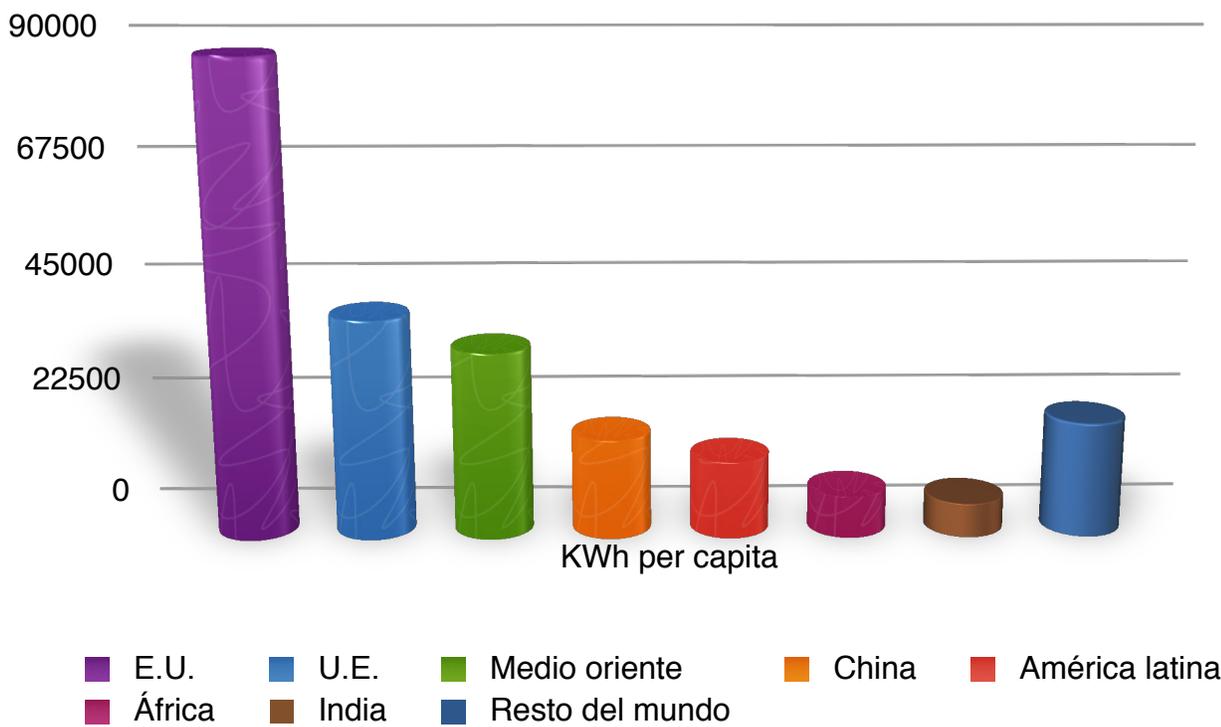
Es muy difícil que los hombres seamos partícipes de un cambio drástico cuando no nos vemos amenazados de manera inmediata: el cambio necesario se podría seguir aplazando hasta que la sociedad se encuentre al borde del colapso. Es en esta hendidura donde se puede insertar la tecnología como recurso de transición; el desarrollar nuevas tecnologías que posibiliten la perpetuación del estilo de vida actual, pero que no ocasionen los mismos daños que sus predecesoras. Así gradualmente se podría vislumbrar un cambio sin lágrimas, una transición suave hacia un estilo de vida con futuro.

De lo anterior, podemos ver que entonces existe un nicho de oportunidades para la sustitución de tecnologías viejas y dañinas por nuevas tecnologías amigables. Esto es una mina de oportunidad económica, si se persigue la creación de nuevas patentes y de una industria que se dedique y desplace las antiguas tecnologías. Estamos hablando de una nueva industria que tendrá poca competencia de inicio y alta demanda, pues la necesidad de moverse hacia un modelo tecnológico, que no sólo permita, sino que sostenga un futuro digno, ya existe en todos los países industrializados. Con el paso del tiempo esta necesidad se puede agudizar.

La energía, que es por definición la capacidad de realizar un trabajo, posibilita el desarrollo de un país y el bienestar de sus habitantes; la disponibilidad y uso de energía es también

un indicador de las condiciones de vida de los pobladores de una región. En la actualidad el uso de energía por habitante no está equilibrado, como se puede ver en el siguiente gráfico elaborado con datos del año 2008 ³:

Uso mundial de energía



Esta distribución tiene una gran inercia por lo que se pronostica que prevalecerá una tendencia parecida durante el presente siglo, aunque la intención primordial es lograr la equidad en la disponibilidad de los recursos energéticos⁴.

También, para darnos una idea de la importancia de la energía en nuestra economía industrializada y creciente, la demanda de ésta de 1960 a 1990 ha pasado de 3.3 GtOE a 8.8 GtOE (se ha incrementado en más del doble), y se espera que para el año 2020 esta

³Datos tomados de la publicación *Key World Energy Statistics 2010* publicado por la International Energy Agency. p. 48. Consultado en: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf

⁴ Adouze, Jean. *The Ethics of Energy*. pp. 6, 7.

cifra ronde los 11 y 17 GtOE.⁵ Cabe notar que el crecimiento de población también aumenta la demanda de energía. El incremento gradual de la población mundial y la expansión industrial implicarán una mayor demanda de energía. Por otro lado, si se quiere lograr una distribución justa de la energía, será necesario asegurar su disponibilidad, lo que definitivamente acerca la cuestión de aumentar su producción. ¿Cómo lograr cubrir la demanda que supone la solución de estas necesidades?

Dados estos antecedentes, y el hecho de que el esfuerzo tecnológico conforme ha contribuido a transformar el modo de vida del ser humano, también ha transformado el planeta, los ecosistemas, que sustentan la vida misma del ser humano, son víctimas no sólo de los esfuerzos humanos por afirmar su modo de vida, sino también de esfuerzos que benefician a unos cuantos que no están interesados en mitigar o balancear los daños que puedan causar. Estos daños son consecuencia de la tecnología.

Con estas preocupaciones en mano, este trabajo se ocupa de la sustentabilidad en la tecnología. Se orienta hacia la producción de energía, y lo que ello implica, en términos de impacto ambiental, desde una perspectiva ética, pues es atinado tomar el enfoque ético como la orientación más adecuada para guiar un esfuerzo centrado en la sustentabilidad. Para sentar base se echa mano de un planteamiento ético y posteriormente, bajo la luz de éste, se analizan dos fuentes de energía: nuclear y solar, por ser altamente contrastantes y centrales en el ámbito de las energías libres de carbono y que se consideran limpias, siendo la renovable, en la actualidad, la energía solar. Cada una de estas formas de energía se discute por separado, y se expone y cuestiona el papel que pueden o que deben jugar en los años por venir.

En resumen, se fundamenta en un ejercicio reflexivo acerca de las causas y efectos de la tecnología, esta reflexión concluye que es necesario actuar con mejores lineamientos al resolver problemas, estos lineamientos son los de la sustentabilidad. En lo subsecuente se aterriza la reflexión primera al campo de la generación de energía por medios limpios, así nos volcamos sobre el análisis de la energía nuclear y solar en sus respectivos capítulos; se perfilan sus efectos positivos y negativos más notorios en su aplicación. Para cada uno

⁵ *Ibidem.*

de los casos (solar y nuclear) se concluye con una recomendación acerca del papel en el futuro de estas fuentes y de su posterior desarrollo.

Se analizan las energías nuclear y solar porque representan dos esquemas de generación eléctrica que hacen contrapunto. La energía nuclear, considerada por muchos como energía limpia y prospecto renovable, conlleva riesgos ambientales y a la salud, que si bien pueden ser muy importantes se han logrado controlar y prevenir con cierta efectividad; el costo de éstos puede ser absorbido por los precios de generación, sin comprometer la viabilidad financiera de un proyecto como tal. La recomendación final del capítulo discute el hecho de que la historia ha probado que esta tecnología, a pesar de los desastres ocurridos, puede ser segura en su operación diaria, pero la probabilidad de efectos colaterales negativos, y el manejo de sus desechos peligrosos, sigue dejando importantes preguntas abiertas.

Por otro lado, la operación de la energía solar no ofrece riesgos ambientales ni de la salud, aunque la producción y desmantelamiento de los equipos usados requiere cuidados especiales en este respecto. Una gran ventaja de esta energía es que el sol es una fuente de energía inagotable y su disponibilidad ofrece la posibilidad de obtener electricidad de manera distribuida, a diferencia de energías como la nuclear que sólo se obtiene de manera centralizada (grandes plantas a cientos de kilómetros de donde se consume). La producción distribuida ayuda a reducir las pérdidas por transmisión y robo; adicionalmente, promueve la independencia de las fluctuaciones del mercado energético.

Se finaliza, resaltando la necesidad y la importancia del impulso por parte de los organismos estatales, y se hace una reflexión acerca del papel de las energías solar y afines en el marco de un cambio hacia la sustentabilidad.

También se incluye un capítulo dedicado a discutir las cuestiones que circundan al fenómeno educativo, por ser central en la formación de las nuevas generaciones que son las que más abrazan la sustentabilidad y también porque la transición por venir requiere de profesionales íntegros, por ser la sustentabilidad una empresa compleja e

interdisciplinaria. Dichas cualidades la pueden hacer un tanto impredecible, pero no menos necesaria y apasionante.

Capítulo 1: Ética, sustentabilidad y tecnología

*El perfeccionamiento de los medios,
y la confusión de los fines, caracteriza a nuestra época.*
Albert Einstein

Los planteamientos que aquí se exponen surgen como producto de la preocupación por encontrar una manera armoniosa para convivir con el medio, y empezaremos haciendo una reflexión sobre el uso de la palabra convivir. Desde que el ser humano se encuentra fuera de los estados idílicos del jardín del edén, su preocupación primaria ha sido su supervivencia, y posteriormente su permanencia en ese estado de supervivencia, es decir, el vivir, pero a este concepto le falta algo, tres letras, el prefijo *con*, que forma la palabra *convivencia* que implica vivir en compañía, en coexistencia, y por tanto supone el compartir el espacio con otros, siendo estos otros seres vivientes, fenómenos y elementos que se verán afectados, directa o indirectamente, por nuestro actuar. En consonancia con la perpetuación del hombre, posibilitada por su inteligencia, sobre la faz de la tierra se dió el desarrollo de la cultura, de las expresiones propias de cada pueblo, y la evolución de las facultades técnicas del hombre por medio de su ingenio y su ultra-percepción material del medio. Haciendo uso del dominio de los fenómenos físicos, el hombre, uno de los animales físicamente más débiles, obtuvo un gran poder sobre su medio, acuñando y haciendo honor al viejo dicho: “Si no eres fuerte, debes ser inteligente”.

La técnica: expresión del devenir del humano

Bastan unos segundos de reflexión para entender que el Homo Sapiens, a 150 mil años de haber aparecido en la tierra, detenta un gran poder en esta época. Si nos ponemos a pensar en el hombre de hace 10 mil años, expuesto a un medio natural hostil, animales feroces, con taparrabo y una lanza de palo afilada, y lo comparamos con el hombre de hoy con prendas que cubren su cuerpo y un artefacto que dispara proyectiles letales, podemos entender que el poder que detenta este último hombre en conjunto con sus congéneres, es mucho mayor que el de hace 10 mil años; en efecto nuestro poder es tan grande que podemos cambiar la faz de la tierra, desviar el cauce de un río, desaparecer ciudades, hervir agua con empujar un botón, y viajar a velocidades muy superiores a las de cualquier animal del planeta. Todo esto suena casi fantástico y puede inflar el pecho de algunos con orgullo, y de repente se antoja tan certera la siguiente frase: “Con un gran poder viene una gran responsabilidad”.

Al respecto de la responsabilidad, cabe decir que viene incrustada muy en el centro de la libertad; si no asumimos la responsabilidad concreta y correcta, limitamos a corto o largo plazo el ejercicio de la libertad del ser humano. Un ejemplo sencillo es pensar en las rodillas de un maratonista; si el deportista sobrepasa sus entrenamientos, hace caso omiso de las recomendaciones de los entrenadores y entrena excesivamente terminará desgastando sus rodillas. Cuando sucumba a los años tendrá seguramente problemas para caminar, por dejar de lado la responsabilidad del cuidado de su salud. Lo mismo pasa para los ecosistemas que sustentan la vida en el planeta, que mantienen la temperatura de la atmósfera, que preservan el balance de oxígeno en la tierra, que nos dan de beber y que posibilitan que se cultive y que se críen animales. Ya que la actividad humana tiene un efecto contundente sobre ellos, si fallamos en la responsabilidad de preservarlos sucumbiremos a las adversidades que impone la supervivencia.

Ha llegado un momento en que es imposible seguir dejando de atender la responsabilidad, que viene con el gran poder inherente a la técnica y al quehacer humano en general. El fenómeno tecnológico juega un papel muy importante en el devenir de la humanidad, a tal grado que se puede pensar que la sociedad actual es una sociedad tecno-céntrica. El día

de hoy las artes y disciplinas que han estado dedicadas a moldear e impulsar el proceso tecnológico, se pueden enfrentar al enorme y atractivo reto de comenzar a asumir las responsabilidades de las que venimos hablando. Sean cuales fueren las causas por las que se ha ignorado en mayor o menor medida este compromiso olvidado, es hora de empezar a asumirlo y así comenzar a *convivir*.

Si el día de mañana todas las máquinas del planeta “se pusieran en huelga”, se desataría un cataclismo social y económico, pues nuestro modo de vida está tan ligado al devenir tecnológico que nuestros sistemas económicos dependen fuertemente de éste y los sistemas políticos han sido moldeados en gran parte por los descubrimientos de la ciencia. Solamente hay que notar la existencia de un reglamento de tránsito y de construcción de caminos, para darnos cuenta de que sin el opulento invento del auto, estos reglamentos y sus derivaciones legales, sociales y políticas no existirían; indudablemente se han tenido que legislar muchos aspectos de los nuevos inventos que moldean las vidas del ser humano. Se podría decir que vivimos en una especie de sociedad biónica, donde la tecnología está tan compenetrada con los sistemas de vida, educación y sustento del hombre en sociedad, que se antoja el símil con aquella pasada serie de televisión de los 70's, *La Mujer Biónica*; en dicha serie el personaje de Jaime Sommers sufre un terrible accidente en paracaídas que la deja lisiada; dicha situación es utilizada por un agente del gobierno estadounidense Oscar Goldman y el Dr. Rudy Wells, que deciden reconstruirla a partir de partes cibernéticas; su reconstrucción consistió en dos piernas y un brazo biónicos y un implante de auditivo que le confería super-audición. Todas estas mejoras tecnológicas le permitían hacer proezas de super-fuerza y super-velocidad. Consecuentemente la vida y las actividades de esta mujer se volvieron totalmente dependientes de la tecnología, al grado de que si un día por la mañana, sus partes biónicas decidieran simplemente no funcionar, la pobre mujer biónica tendría gravísimas dificultades, ya no digamos para atrapar a los maleantes nucleares de la época de los ochentas⁶.

De la misma manera, si un buen día todas las formas de energía que mueven esta cibernética dejaran de existir, nuestros problemas serían mucho más graves que los de

⁶ Fuente: en.wikipedia.org > *The Bionic Woman T.V. Series*.

la mujer biónica en apuros. El punto que se desea hacer notar con estos párrafos es que la tecnología, que es un conjunto de metodologías técnicas, se ha vuelto una parte integral de nuestras vidas, a tal grado que cualquier cambio sobre ésta con seguridad tendrá repercusiones en algún aspecto de nuestra existencia. Esto es por la relación que hay entre ser humano y técnica (o tecnología), que es una expresión de un esfuerzo por perpetuarse. La cuestión está en la base de lo que ahora vemos como una gran estructura tecnológica, definidora de nuestro *modus vivendi*. El hombre y su existencia están influenciados por la manera en la que éste se desenvuelve y relaciona con su medio. Si nos remontamos a unos 10 mil años atrás podremos evaluar un panorama más básico y claro. En ese entonces cuando nacía la agricultura, el hombre era sujeto a vicisitudes primarias (vida o muerte), se encontraba en un estado que lo ligaba más a los elementos de la tierra. Cada grupo en los diferentes ecosistemas del planeta se pudo adaptar a su medio a través de su inteligencia, de la interiorización del medio y el desarrollo de una conciencia que su ambiente propiciaba. Así desarrolló una serie de técnicas que lo ayudaban a responder al esquema general de la supervivencia: defenderse de los animales, cazar, sembrar y cosechar, conseguir refugio, vestido y reproducirse. Cada método estaba desarrollado específicamente para cada caso; cazar un oso era diferente a cazar un ave, por ejemplo, y el desarrollo de las técnicas se apoyaba en la observación. El método es la técnica y la observación es el principio de la ciencia. El hombre en esos tiempos dependía del funcionamiento de las técnicas. Tanto que cuando la agricultura no se conocía, los grupos nómadas tenían que seguir a las manadas de animales para poder hacer uso de sus habilidades de caza.

Regresemos al siglo XXI, donde las técnicas de subsistencia y definición humana son muy diferentes aunque básicamente impulsadas por la misma volición. El mundo de hoy es miles de veces más complejo básicamente porque somos más; el mundo contemporáneo es más grande que el de la prehistoria, debido a la diversidad que ofrece el intercambio cultural ayudado por las formas de comunicación que superan la velocidad del aparato digestivo; durante el primer platillo de la merienda uno se puede enterar de los sucesos más o menos relevantes de un país al otro lado del mundo. En suma, a 10 mil años de la conquista de la agricultura y del nacimiento de la primera comunidad sedentaria, nuestra

metodología de supervivencia es la tecnología y nuestro método de observación y explicación que apoya el devenir tecnológico se llama ciencia.

Implicaciones de la técnica

Si mal no recuerdo, después de la detonación de la bomba atómica sobre Japón, vino una ola de pesimismo fatalista que recayó sobre diferentes integrantes de la comunidad científica y letrada de aquellos tiempos. Se despertó una pequeña preocupación acerca de los efectos secundarios que la tecnología podía tener sobre las vidas de los habitantes del planeta, animales y no tan animales. Un precedente contundente es la denuncia de Rachel Carson acerca de los efectos altamente nocivos provocados por el uso de pesticidas químicos como DDT en la industria agrícola durante la década de los 50's. El efecto que despertó dicha denuncia fue de aversión hacia los alegatos de la bióloga; sin embargo, posteriormente se comprobó que la llamada de atención acerca de los pesticidas era genuina, y como resultado inmediato se prohibió el uso de este contaminante en Estados Unidos.

Hoy las cosas han cambiado, al menos en la percepción de la comunidad hacia los problemas generados por la actividad del ser humano. El problema de fondo es que somos muchos, muchísimos, y somos una especie ambiciosa que se sabe capaz de subsanar dichas ambiciones. ¿Qué pasa con las manadas de animales cuando la comida o el agua escasean por ser época de secas o porque los otros animales emigran? Pasan hambre y sed, surgen disputas por la escasa comida cuando llega a haberla, los fuertes aguantan la temporada y los más débiles y viejos sucumben. ¿Qué pasa cuando al hombre, por ejemplo, se le acaba el espacio para sembrar y posibilitar el sustento de la población? Posiblemente tumbará con sus herramientas parte de los bosques aledaños, limpiará la tierra y continuará con sus actividades de siembra en lo que antes era un pedazo de bosque y hogar de otros animales, usará la madera para construir nuevas viviendas, herramientas y como combustible. Si el trabajo de siembra llegara a rebasar sus esfuerzos y herramientas, probablemente usará la fuerza de algún animal más grande para complementar su falta.

En resumidas cuentas, el hombre más que sobrevivir en el mundo como especie, persiste y se expande. No se doblega ante las condiciones impuestas por el mundo natural; hasta ahora no lo ha hecho en definitiva. La humanidad ha mostrado su habilidad de adaptación y expansión. En un esquema general o global, la especie ha ganado a las inundaciones, a las sequías, a las pestes más tremendas, a los incendios, inclusive a las guerras más feroces que el hombre ha librado contra si mismo. Esta necesidad por perpetuarse como especie en expansión tiene muchas motivaciones de la cuales la más legítima e inobjetable es el instinto de autopreservación, ¿cómo un padre amoroso dejaría que su hijo muera de hambre?, ¿cómo un hombre se sentaría mientras una inundación se lleva la casa de su amigo y su vida? Esa forma de amor que ha preservado a los grupos y comunidades no se puede reprochar.

La cuestión es que al día de hoy somos la especie de mamíferos con más habitantes sobre la faz de la tierra y, dado que somos una especie expansiva, la capacidad de los ecosistemas y recursos naturales para proporcionarnos sustento empieza a cuestionarse cada vez más; aunado a esto, encontramos que nuestras actividades no sólo hacen ya un daño considerable a los otros sistemas naturales con los que convivimos, sino que algunos integrantes de nuestra especie resultan afectados como resultado del devenir tecnológico. Un trágico ejemplo es el desastre en Bhopal, India donde una fuga de gas Metil-Isocianato, un compuesto muy tóxico, se liberó sobre la ciudad de Bhopal, en la India. Sucedió durante la madrugada del 3 de diciembre de 1984 y causó, según las cifras oficiales, la muerte de 3,000 habitantes y dejó a otros miles lisiados de por vida. También afectó tremendamente la flora y la fauna circundantes. Los efectos nocivos persisten a la fecha y puede ser que éste haya sido el accidente industrial más grande de la historia⁷, a menos que el derrame de petróleo crudo en el Golfo de México, que comenzó en abril del 2010 por el hundimiento de la plataforma petrolera *Deep Water Horizon* de BP, lo llegue a superar.

Huelga decir que tanto la compañía BP, antes conocida como British Petroleum, responsable del derrame más grande ocurrido en el Golfo de México, como Union Carbide

⁷ Fuente: Gobierno de Madhya Pradesh, www.mp.gov.in > Bhopal Gas Tragedy Relief and Rehabilitation Department. Julio 2010

(India) Ltd., la empresa de químicos y polímeros, responsable por el suceso de Bhopal, fallaron flagrantemente en la etapa de prevención, y ahora se preocupan por la mitigación y control de daños. Se han ocasionado estropicios probablemente irreparables y se hablará de estas catástrofes como grandes lecciones de las que hay que aprender. Entonces habría que mandar a toda la humanidad al rincón del salón, por un par de años, colocarle sendas orejas de *Equus Africanus Asinus* coloquialmente conocido como burro⁸, y esperar que así podamos aprender algo de tan noble animal. Porque parece que la humanidad no está aprendiendo de estos glorificados errores. Se puede argumentar que sí se ha asimilado algo de previos ejemplos como el del Exxon Valdez⁹, que nuevas técnicas de prevención y control han sido desarrolladas y son implementadas. Pero es patente que muy a pesar de esas nuevas implementaciones, la incursión en graves fallos no se ha detenido; eso quiere decir que hay algo de fondo que la humanidad no ha querido asimilar, la gran lección que no ha querido tomar.

La tendencia a seguir

No vale la pena ahondar más en las consecuencias desafortunadas que el desarrollo expansivo de la humanidad ha traído consigo en muchos ámbitos; la llamada de atención hacia este punto se hace patente a diario y uno puede encontrar evidencia en numerosas fuentes de información. Afortunadamente, han surgido grupos preocupados por la convivencia armoniosa con el planeta y con la sociedad, por el equilibrio ecológico y el respeto a la vida del planeta como *Greenpeace*, la iniciativa “La Carta de la Tierra” (mejor conocida como *The Earth Charter*). Existe también el impulso de organizaciones como la UNESCO al desarrollo sostenible y a la ética en la ciencia y la tecnología. Las agencias ambientales gubernamentales en varios países velan por el correcto uso de los recursos naturales, y hacen un gran trabajo de investigación; caso de la EPA (*Environmental*

⁸ El asno es un équido noble y muy bien adaptado a las condiciones adversas, puede acarrear el 30% de su peso, y consume menos alimento en relación a su peso que su primo el caballo, ha desarrollado un eficiente sistema digestivo que le permite ingerir una gran variedad de plantas y extraer agua de estas lo que lo hace muy adaptable, cuenta con gran resistencia y agilidad en terrenos abruptos. Su supuesta terquedad malinterpretada, es un instinto de conservación que le impide actuar en contra de sus propios intereses. Es en general un animal, cauteloso, amistoso, buen compañero de juego, trabajo y recreación. Es también un símbolo inequívoco de fuerza y humildad. (Fuente: es.wikipedia.org > *Equus africanus asinus* Julio 2010)

⁹ El buque petrolero Exxon Valdez, derramó 11 millones de galones de petróleo después de golpear un arrecife el 24 de marzo de 1989 cerca de las costas de Alaska. Las causas del accidente permanecen sin esclarecerse. (Fuente: Discovery Channel L.A. www.tudiscovery.com > guía barcos > desastres > exxon Julio 2010)

Protection Agency) en Estados Unidos o la *Environmental Agency* del Reino Unido. También muchas otras ONG's, se preocupan por la conservación y respeto al ambiente.

Todo este impulso marca la tendencia a seguir. Los elementos que deben subyacer y guiar esta tendencia, piezas básicas que componen el carácter activo del amor ¹⁰, son: Cuidado, Responsabilidad, Respeto y Conocimiento; sobre estos elementos que más que valores, deben ser actividades, se erigen los ideales a los que debe tender nuestra sociedad y en particular la conciencia de cada integrante. Bajo este pequeño pero ambicioso marco quisiera citar las palabras de Vigdis Finnbogadóttir, quien fuera presidenta de la COMEST (Comisión Mundial para la Ética en la Ciencia y la Tecnología), de la UNESCO:

Tenemos entonces la oportunidad de ejercer nuestra responsabilidad y evaluar la necesidad de redefinir el desarrollo de la sociedad, en términos que van más allá de lo estrictamente económico, también para establecer una visión genuina de la sustentabilidad que sea viable para los dirigentes y clara para todos.”¹¹

Ahora quisiera regresar un poco al hecho de que somos dependientes de la tecnología; ésta sustenta nuestro modo de vida actual, pero qué es lo que impulsa este modo de vida cibernético, hablando en términos físicos ¿qué es lo que lo pone en marcha?; lo mismo que nos mueve a nosotros, por supuesto: la capacidad de realizar un trabajo, la energía. La energía que utilizamos los seres humanos la obtenemos principalmente de los alimentos, sabrosos paquetes cual sustancia transformamos, por medio de métodos químicos en nuestra actividad y sustento diario. La mayor parte de la energía que utilizamos para impulsar a la cibernética (computadoras, robots, líneas de ensamble, vehículos automóviles, naves espaciales, máquinas de construcción, fábricas enteras, aparatos domésticos) tiene como fuente primaria también la energía química liberada por medio de la combustión de alguna sustancia. El calor de esa combustión se utiliza para propulsar generadores de electricidad, motores, turbinas, etc., que realizan un trabajo. Los combustibles primarios que se utilizan son los llamados combustibles fósiles y actualmente

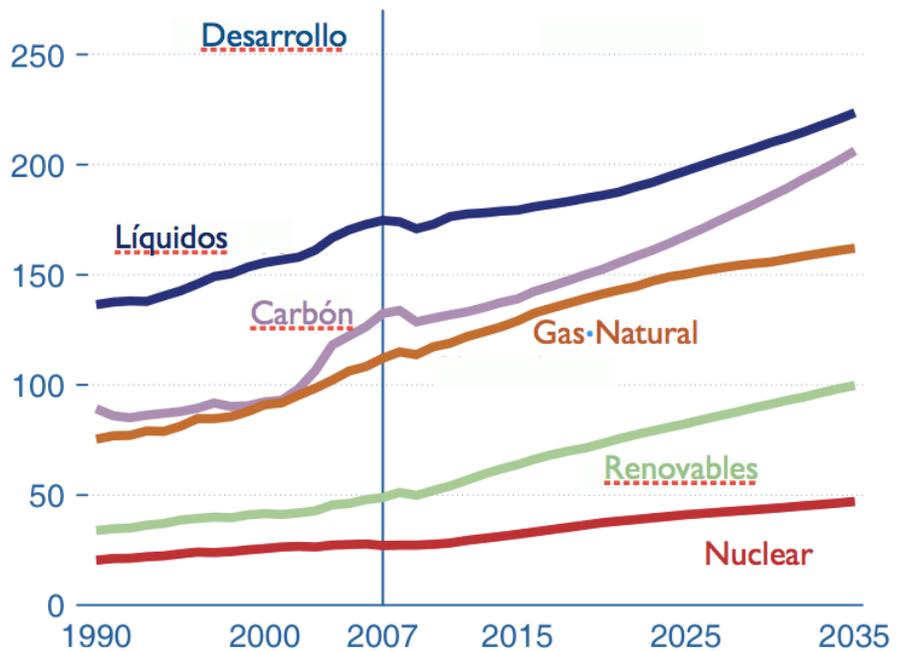
¹⁰ Fromm, Erich. *El arte de amar*, p. 43

¹¹ Kimmins, James Peter. *The Ethics of Energy: A framework for action*, Foreword

son los que se usan en mayor proporción. Para poner de relieve este hecho, el uso mundial de combustibles fósiles, al año 2006 registra la siguiente distribución: petróleo crudo y gas asociado 35.9%, carbón 27.4% y gas natural 22.8%¹². Se pronostica que el uso de este tipo de combustibles continuará en incremento en los 25 años por venir. Esta información se basa en tendencias actuales, tomando en cuenta el progreso de tecnologías renovables y el incremento de los precios de los combustibles líquidos¹³.

La Agencia de Información sobre la Energía estadounidense (EIA), pronostica que aunque el uso de los combustibles líquidos crecerá poco anualmente, un 0.9%, su uso seguirá siendo el más significativo a pesar de que las formas de energía renovable ganarán terreno a un 2.6% anualmente. Los líquidos están pronosticados a prevalecer debido a que el sector de transporte seguirá creciendo y demandando más de estos combustibles; dicha demanda crecerá anualmente a una tasa de 1.3%. No obstante, el uso de éstos para generar energía eléctrica

está siendo desplazado por el uso de energías alternas. A la derecha, se presenta una gráfica¹⁴ que ilustra estos pronósticos de uso para los diferentes recursos energéticos. Podemos apreciar la tendencia de crecimiento de las energías renovables y nuclear.



¹² Fuente: Administración de Información de Energía de E.U., www.eia.doe.gov/iea/overview.html > International > International Energy Annual > World Energy Overview. Agosto 2010

¹³ "...todo el conjunto de productos líquidos, convencionales y no-convencionales. Los líquidos convencionales incluyen petróleo crudo y sus condensados, líquidos derivados de gas natural y productos de refinería; los líquidos no convencionales incluyen, biocombustibles, gases licuados, carbón licuado y productos de petróleo..." Fuente: EIA. *International Energy Outlook 2010*. p. 11

¹⁴ EIA. *International Energy Outlook 2010*. p. 11

Ahora bien, es cierto que las posibilidades para producir energía renovable (solar, eólica, biocombustibles, etc.) están en aumento, pero también lo está la demanda de energía pues la población mundial lleva una tendencia a crecer. Aparte del crecimiento poblacional, al 2001 el 20% de la población mundial (poco más de un billón de personas) consumía el 60% de la energía producida; los 5 billones restantes consumían el 40%¹⁵. En otras palabras los más ricos, aproximadamente 1 billón de personas, con un ingreso de \$22,000 dólares anuales *per cápita* o más, consumían 25 veces más energía que los 2 billones de personas más pobres, que tenían un ingreso de \$1,000 dólares anuales *per capita* o menos. También existe una pugna por el derecho universal a la energía, por lo que si la intención es asegurar una calidad de vida para la comunidad mundial y cerrar la brecha entre las dos franjas (ricos y pobres), se debe aumentar la producción global de energía¹⁶.

Según las estadísticas de la EIA, la tendencia más fuerte la llevan las energías no renovables. Pero ¿qué implica esta tendencia?, ¿qué pasará si seguimos dependiendo de formas de energía que un día se van a acabar? A ciencia cierta no se sabe cuando se acabarán. Y ante esta incertidumbre se corre el peligro de adormilarse esperando respuesta a preguntas como: ¿Hasta cuándo tenemos para dejar de depender de estos combustibles?, para así establecer una fecha de *caducidad* a la que se aplacen las decisiones. Pero por las siguientes dos razones es aparente que un curso de “acción” de esa índole es completamente inútil:

1. Los combustibles fósiles se van a acabar.
2. El uso de los combustibles fósiles ha resultado nocivo para el planeta.

Es hora de actuar y la primera razón no requiere más debate, la segunda razón vale la pena cuestionarla un poco. ¿Por qué ha resultado nocivo el uso de combustibles fósiles? Los efectos dañinos de estos carburantes han repercutido en la calidad del aire a nivel local y regional desde tiempos de la revolución industrial; esto ha incidido en la salud de los habitantes y los ecosistemas en las regiones donde se explotan estos recursos. Además, la extracción de petróleo representa un gran riesgo a los ecosistemas que rodean

¹⁵ Kimmins, James Peter. *Op. cit.* p. 6

¹⁶ *Ibidem.*

las instalaciones petroleras (sucesos como el derrame Exxon Valdes y el derrame en el Golfo de México). En los últimos años se ha vuelto cada vez más claro que también la repercusión ha sido a nivel global, por el calentamiento global atribuido a los gases de efecto invernadero producidos por la combustión. Estos son algunos, y no todos los aspectos nocivos. Y muy a cuento viene la pregunta, ¿pero qué hay de los esfuerzos por prevenir y controlar estos efectos nocivos que a veces desencadenan desastres naturales?, y aunque se considere de mala educación responder una pregunta con otra pregunta se puede decir, ¿vale la pena esforzarse en desarrollar métodos (falibles) e implantar normas (corrompibles), para seguir dependiendo de un recurso que un día se va a acabar? Y podemos volver a debatir sobre esta respuesta, pero quisiera finalizar apuntando que empeñarse en confiar y depender en los combustibles fósiles se asemeja mucho al comportamiento de un adicto a la heroína.

Los procedimientos de obtención de energía no son la única cuestión preocupante en cuanto a su disponibilidad futura y sus efectos sobre el medio; el otro asunto importante es que se toma como parámetro de bienestar de la población, no la permanencia en un estado satisfactorio de vida que posibilite todas las comodidades dignificadoras de la existencia humana, sino el crecimiento continuo; baste con decir que los estados y organizaciones miden el bienestar por medio de tasas de crecimiento.

Peter Singer lo pone en términos muy claros: “El crecimiento económico se ha convertido en un ícono sagrado del mundo moderno”¹⁷. Como este crecimiento se ve ligado con el consumo de bienes, la explotación de los recursos naturales también crece con él. El mismo autor también menciona que se ha podido efficientar el uso de los recursos para alargar el plazo en el que las tasas de consumo se vean frenadas por la escasez ¹⁸. El crecimiento de la población y la permanencia del ideal de crecimiento económico implican el aumento del consumo de comida, vivienda, autos, computadoras, celulares, papel, agua, maderas, combustibles, plásticos, etc¹⁹. Muy probablemente estas tendencias harán

¹⁷ Singer, Peter. *How Are We to Live?*. p. 57

¹⁸ *Ibidem*. p. 58

¹⁹ *Ibidem*. p. 59

que los recursos del planeta se agoten eventualmente junto con la capacidad para sustentar la actividad humana.

A decir de la ética

Estamos entonces acercándonos a una frontera, en la que se intuye y se pronostica, que la forma de vida como la llevamos será cada vez menos viable y cada vez más dañina, y de continuar así podemos amenazar la permanencia de la especie humana en este planeta. Unas páginas atrás hablaba acerca de que hay una lección que la humanidad no ha querido aprender, una cuestión de fondo que propicia que las acciones del ser humano no estén bien guiadas. Referente a eso, Peter Singer dice en otro de sus libros, *How Are We to Live?*, que la ética debe adaptarse a las necesidades de supervivencia de una sociedad, porque las virtudes y prohibiciones que establece la ética en una sociedad reflejan las condiciones bajo las cuales los integrantes de esa sociedad deben vivir y sobrevivir²⁰. Siendo así, podemos ver que la ética en los sistemas sociales que pugnan por seguir deteriorando las condiciones de vida de hoy y las del mañana, se ha quedado corta y en algunos casos va en contra de las virtudes necesarias para la supervivencia. En otro pasaje del libro citado arriba, Peter Singer afirma que el problema con la ética es que los principios éticos cambian lentamente, y el tiempo que nos queda para cambiar la ética actual a una ética ambiental es poco. Esto es crítico porque también afirma que si la ética no toma en cuenta lo que es necesario para sobrevivir, la sociedad dejaría de existir.

Es probable que este discurso suene fatalista. Pero la verdad es que necesitamos hacer uso de la ética y fortalecer la moral de manera que, como dice *La carta de la tierra*, conlleve un cambio fundamental de valores en las instituciones y en las formas de vivir, en la que el ambiente global sea preocupación de todos, que le dé la importancia necesaria a la vitalidad, a la diversidad y a la belleza del planeta y que así reconozca el valor intrínseco que hay en cada forma de vida. Una visión así considera el consumismo como un vicio, el materialismo y la opulencia como inadecuados, pues ya hemos visto que los patrones de consumo y producción actuales están dañando todo lo que esta ética observa como

²⁰ *Ibidem.* pp. 283 - 285

apreciable y necesario para la subsistencia del ser humano. Y quisiera citar algunas de las palabras con las que finaliza la *La carta de la tierra*:

“El proceso requerirá un cambio de mentalidad y de corazón; requiere también de un nuevo sentido de interdependencia global y responsabilidad universal. Debemos desarrollar y aplicar imaginativamente la visión de un modo de vida sostenible...”

y concluye:

“Que nuestro tiempo sea recordado por el despertar de una nueva reverencia ante la vida; por la firme resolución de alcanzar la sustentabilidad...y la alegre celebración de la vida.”²¹

Entonces se puede perfilar la sustentabilidad y la tecnología sustentable como una respuesta consecuente con la necesidad de implementar una nueva ética, una ética ambiental que considere el derroche de recursos y el daño a los sistemas naturales como algo vil. Porque éstos están interconectados alrededor del planeta y hacen posible la vida que mantiene una belleza exuberante y humilde. Belleza tal vez más digna de preservarse que los tesoros que la iluminación artística nos legó en hombres como Leonardo da Vinci o Miguel Angel. Esta belleza nos ofrece experiencias que nutren el alma y el espíritu. Y a final de cuentas, ¿no es nuestra sociedad una que atribuye un gran valor a la apreciación estética?

El concepto de desarrollo sustentable es relativamente nuevo, data de la década de los 80's y parece estar “de moda” hacia el final de esta primera década del siglo XXI. Moda o no, es una prioridad y una responsabilidad que se vuelve cada vez más imperante. Ha llegado el momento en el que debemos entender que somos capaces de las proezas de las que tanto nos enorgullecemos, porque nuestro planeta nos lo permite.

²¹ Fuente: *The Earth Charter*. www.earthcharterinaction.org > read the charter. Agosto 2010

No obstante, como decía Einstein: “En medio de la dificultad yace la oportunidad”. La situación actual ofrece una gran posibilidad para superar un problema, para cambiar las miras de la sociedad hacia una más comprensiva, más educada y consciente de su medio. La preocupación de la comunidad científica sobre estos temas es cada vez más enfática, en tanto que ahora se abordan temas de investigación relacionados con tecnologías sustentables: la creación de carreras y posgrados de ingeniería ambiental, que centran su estudio en el comportamiento de los elementos que componen el ambiente para poder entender y mejorar la relación que guardamos con el medio. La incorporación de este entendimiento al sistema de creación tecnológica es un gran paso, al cual se suman cada vez más jóvenes.

También las condiciones económicas favorecen este cambio, pues muchas costumbres de la sociedad se vuelven económicamente inviables con el paso del tiempo y la depredación del medio; esto, por consecuencia, impulsa la transición hacia actividades sustentables. Un claro ejemplo es el alza en los precios del petróleo en los últimos años²², que obliga a los estados a buscar alternativas más económicas y sustentables, pues los daños que las tecnologías nocivas propician al ambiente y a la salud se cuantifican también en términos económicos. El cambio ya empezó y se gesta en las escuelas, universidades y otros organismos que se encargan de la investigación, el cuidado del ambiente y el porvenir de la sociedad.

Otra gran oportunidad, es que las tecnologías sustentables empiezan a ser impulsadas. Es un campo fértil apenas explorado y México, que se encuentra en la frontera con el mundo altamente industrializado (Norteamérica) y el mundo en desarrollo (Sudamérica) tiene una posición aventajada, pues su ubicación geográfica hace notorios los contrastes y posibilita la integración de soluciones sustentables, que entiendan la situación de los países en desarrollo combinando los recursos que ofrece el norte. Así pudiendo enfocar una nueva industria a una necesidad que se hace más imperante con el paso de los años en los países no industrializados, se podría generar una industria propia e innovadora que impulse el desarrollo nacional y el desarrollo sustentable de países no industrializados.

²² CFE. *POISE 2010-2024, (Programa de Inversiones del Sector Energético)*. pp. 107, 108

Capítulo 2: Energía Nuclear

*La tecnología hace posible que la humanidad tome control sobre todo,
excepto sobre la tecnología.*

John Tudor

La ciencias nucleares han traído, a través del entendimiento de la fuerza del átomo grandes beneficios a la humanidad; los rayos-x, la terapia por radiación y los estudios por resonancia magnética ayudan a diagnosticar enfermedades a diario y a entender mejor la anatomía del cuerpo. Se ha contribuido en la lucha contra el cáncer a través de la medicina nuclear. A través del estudio del átomo se han logrado avances científicos, que permiten entender mejor la materia y su relación con la energía. Esta fuerza también permite generar el 14% de la electricidad que se usa a diario en el mundo, sin embargo a través de su uso, se han originado dispositivos terribles como las bombas nucleares y han ocurrido descuidos que desataron catástrofes radiactivas de grandes proporciones, efectos que han sido duramente probados durante el siglo XX. La cuestión que nos debe ocupar cuando se habla de energía nuclear, desde el punto de vista ético, es la capacidad del ser humano de controlar el enorme potencial de esta energía y la inteligencia para usarla adecuadamente.

Introducción y panorama mundial

Actualmente existen 443 reactores nucleares en operación en todo el mundo con capacidad de generación de 377,750 MWe; esta cifra representa el 14% de la generación

eléctrica mundial. Hoy en día, la energía nuclear cobra importancia por dos razones principales:

- Los costos de generación son cada vez más accesibles y estables frente a los de los combustibles convencionales.
- Esta tecnología no emite gases de efecto invernadero durante su operación, por lo que no contribuye a la alteración de la atmósfera.

Por estas razones, y por la simplificación y mejoras de seguridad de la operación, hay a nivel mundial 62 reactores en construcción de los cuales 27 operarán en China y 10 en Rusia; existen planes y órdenes giradas para 156 reactores más, 50 en China y 18 en India y hay propuestas por 322 reactores más, 110 en China y 40 en India²³. Estas cifras tomadas antes del incidente nuclear en la planta nuclear japonesa, de 6 reactores, Fukushima Daiichi, pueden cambiar dependiendo del desarrollo final de los acontecimientos en ese país.

Esta energía no es renovable pues para cubrir la demanda de los reactores en funcionamiento, en construcción, planeados y sugeridos se necesitarán 68,071 toneladas de uranio, que no es ilimitado, pero como veremos en este capítulo es una energía más limpia que la fósil.

Si se mantienen los estándares y el control sobre los peligros que rodean a la energía nuclear, ésta puede ayudar en mucho a una transición a energías no contaminantes. Sin embargo, parece notable que al expandirse el sector nuclear, puede volverse más complicada la supervisión sobre la seguridad, además del control de desechos peligrosos. Por estas razones es pertinente abordar este tema y hacer las consideraciones éticas correspondientes.

²³ World Nuclear Association, <http://world-nuclear.org/info/reactors.html>

La energía nuclear

La palabra *átomo*, que deriva del griego $\alpha\tau\omicron\mu\omicron\nu$, quiere decir “indivisible”. La idea propuesta por el filósofo griego Demócrito en el siglo V a.C. plantea que toda la materia se compone de unidades pequeñas e indestructibles, a las que llamó átomos²⁴. No obstante, mediante los avances de los últimos siglos se demostró que aquellas partículas a las que nosotros nos referimos como átomos sí son divisibles y se pueden destruir, degradar o transformar en otra especie de átomos. De hecho, éstos se degradan como resultado del paso del tiempo (miles de años) y poco a poco pierden sus características.

No sólo ocurre que los átomos se pueden dividir (fisionarse) o degradar, sino también se puede encontrar el proceso inverso: la unión (fusión) de dos átomos que da como resultado un átomo con características diferentes. Estos dos procesos ocurren en la naturaleza y han sucedido desde la formación del universo. De hecho, gracias al proceso de fusión existe la vida en este planeta pues es el fenómeno que libera luz, calor y radiación en estrellas como el Sol.

La fisión nuclear es la reacción que se utiliza actualmente para aprovechar la energía atómica. Para lograr una reacción de esta índole es necesario utilizar un mineral radiactivo; se usa en gran proporción uranio enriquecido, compuesto aproximadamente por un 4% con el isótopo²⁵ conocido como uranio 235. El uranio se dispone dentro de barras metálicas, conocidas como barras de combustible que formadas en conjuntos de cientos van dentro de un reactor nuclear, donde se lleva a cabo la reacción de fisión de manera controlada y en cadena²⁶. La reacción de fisión, consiste en que un núcleo atómico muy pesado sea golpeado por un neutrón; esta colisión divide el núcleo atómico y el producto

²⁴ *University of Oregon 21st. Century Science Lectures, Atomic Theory.* http://abyss.uoregon.edu/~js/21st_century_science/lectures/lec05.html Consultado septiembre 2010

²⁵ Átomos del mismo elemento pueden tener diferente número de neutrones; las diferentes versiones de cada elemento son llamadas isótopos. Fuente: <http://www.colorado.edu/physics/2000/isotopes/index.html> Consultado octubre 2010 tr. Alain Balaguer M

²⁶ AMC, AI, UNAM. *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México.* p. 121

resultante de esta reacción es de una masa menor, pues la masa faltante al final se transforma en energía²⁷.

Radiactividad

La radiactividad es la propiedad que manifiesta un átomo sujeto a cambios en su núcleo, y la radiación es la energía que libera en forma de rayos o partículas como resultado de la radiactividad.

Un átomo radiactivo puede ser encontrado como tal en la naturaleza. La radiactividad del átomo se da a causa de un desequilibrio en las fuerzas que existen entre las partículas que forman el núcleo: los protones (con carga positiva) y los neutrones (sin carga). El átomo en desequilibrio busca equilibrarse; para lograrlo, desprende partes de su núcleo a grandes velocidades, protones o neutrones que tienen masa, lo que da lugar a la energía conocida como radiación ionizante, que es muy potente. La radiación puede alterar el equilibrio de los núcleos atómicos con los que entre en contacto, haciéndolos más radiactivos y liberando más radiación ionizante, lo que provoca una reacción en cadena. La radiación es capaz de desintegrar átomos y afectar la integridad molecular y física de los cuerpos.

Conforme el núcleo de un átomo radiactivo se desintegra, el átomo se transforma; este proceso se llama decaimiento radiactivo y continuará hasta que las fuerzas del núcleo estén balanceadas. La cantidad de transformaciones así como la energía emitida, dependen del tipo de elemento o átomo en cuestión. El tiempo de decaimiento es valorado por medio de un parámetro conocido como “vida media”, que es el tiempo necesario para que se desintegre la mitad del material. Para el plutonio 239, por ejemplo, la vida media es de 24,000 años²⁸. Es por este motivo que materiales radiactivos como este emitirán radiación ionizante durante miles de años.

²⁷ *Ibidem*.

²⁸ *U.S. Nuclear Regulatory Commission*. <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/plutonium.html> Septiembre 2010

Fisión y fusión nuclear

En la fisión, al dividirse un átomo en dos átomos más pequeños, el peso conjunto de los dos átomos resultantes es menor que el del átomo original; la masa aparentemente perdida se convierte en energía y se libera en forma de calor y otras radiaciones, o sea que durante el proceso de transformación atómica, fisión en este caso, cierta cantidad de masa resulta transformada en energía. De igual manera, en la fusión atómica al juntarse dos átomos se obtiene un átomo resultante de menor masa que la masa total de los átomos originales, habiéndose convertido, la masa no manifestada al final del proceso, en energía²⁹.

De estas dos reacciones nucleares (porque son específicamente los núcleos de los átomos los involucrados en el proceso de fusión o fisión), la que se ha podido comercializar es la fisión atómica³⁰, pues las condiciones para que la reacción se lleve a cabo son más fáciles de lograr y controlar que la necesarias para la fusión³¹. La tecnología de fisión nuclear es accesible con un nivel mínimo de desarrollo y ésta es una tecnología madura³².

Reactor nuclear

Dentro del reactor nuclear se encuentran barras de combustible radiactivo sumergidas en agua a alta presión, las barras se calientan a altas temperaturas debido a la reacción atómica. El agua presurizada absorbe el calor de las barras y es llevada a un intercambiador de calor, donde se usa para calentar un segundo ciclo de agua, que es convertido en vapor debido a que se encuentra a una menor presión. El vapor es usado para propulsar una turbina, y la fuerza mecánica que se obtiene hace funcionar un generador de electricidad³³.

²⁹ AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* pp. 121, 131

³⁰ *Ibidem.* p. 121

³¹ La reacción de fusión requiere condiciones de alta densidad y temperatura y que los compuestos se encuentren en estado de plasma

³² AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 121

³³ ECCAP. *WG12 Draft Report: Ethics of Nuclear Energy Technology.* p. 11

La evolución de los reactores nucleares se agrupa por generaciones de avance tecnológico y es como sigue:

- Generación I: 1950-1960; integrada por prototipos de investigación y operación.
- Generación II: 1970-1980; primera generación de reactores comerciales, los reactores de la central Laguna Verde corresponden a esta generación.
- Generación III: 1990's, reactores con mejoras basadas en la generación anterior, cuentan con innovaciones tecnológicas en los sistemas de seguridad y resultan más económicos de operar y mantener que sus predecesores.
- Generación III+: Desarrollados actualmente, cuentan con sistemas de seguridad pasiva, son más sencillos de operar, con un diseño más robusto y simplificado. Su construcción y licenciamiento requiere menos tiempo por lo que necesitan menor capital de inversión.
- Generación IV: Este grupo se encuentra en investigación y desarrollo; se proyecta incrementar la seguridad y reducir problemas como la proliferación y la generación de desechos, pues se les asocia al ciclo de combustible cerrado; se pretende que también resulten más económicos.^{34 35}

De la generación III+ existen modelos en construcción, en proceso de certificación y unos pocos en funcionamiento. Se espera que esta generación sea prominente durante los próximos 50 años³⁶. Cabe mencionar que los reactores de la planta Fukushima Daiichi en Japón, dañados a causa del tsunami, pertenecen a la generación II.

³⁴ AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 123

³⁵ Fernández, R, *et al.* *La nucleoelectricidad una oportunidad para México (reporte corto)*. p. 21

³⁶ *Ibidem.*

Ciclo de combustible

Los combustibles nucleares se caracterizan por su alta densidad energética, esto es, que con una pequeña cantidad de un isótopo como el uranio 235, se puede obtener mucho más energía que con la misma cantidad de combustible fósil³⁷. Su capacidad energética también es superior a la de algunas energías renovables.

La mayoría de los reactores nucleares funcionan con uranio enriquecido (a excepción de los reactores canadienses CANDU que utilizan deuterio y uranio natural)³⁸; a este uranio se le conoce como enriquecido, debido a que la concentración del isótopo uranio 235 es de un 5% y este es el isótopo que participa en la reacción de fisión dentro de las plantas. La obtención de uranio y su subsecuente incorporación a los reactores, hasta su desecho, es un proceso llamado ciclo de combustible. Este ciclo comienza en la fase de exploración para encontrar uranio en el subsuelo; la extracción es un proceso minero del cual se obtiene uranio empobrecido (con una baja concentración de uranio 235). Posteriormente se tritura y lleva a un proceso de enriquecimiento donde se aumenta la concentración de uranio 235³⁹. El uranio enriquecido se inserta dentro de barras tubulares metálicas que se conocen como barras de combustible colocadas dentro del reactor nuclear, donde el uranio se consume.

Una vez usado este combustible, se obtienen como remanentes plutonio y uranio empobrecido; cabe mencionar que este plutonio se puede usar para fabricar armamento nuclear o incluso una bomba sucia⁴⁰ y el uranio empobrecido es comúnmente usado en aplicaciones de guerra, como recubrimientos de blindaje y para la fabricación de proyectiles antiblindaje⁴¹. El uranio empobrecido no sólo es desecho del reactor sino también del proceso de enriquecimiento.

³⁷ AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 122

³⁸ Fernández, R, *et al.* *Op. cit.* p. 23

³⁹ ECCAP. *Op. cit.* p. 12

⁴⁰ Dispositivo sub-nuclear o no nuclear, puede causar un daño significativo a la vida.

⁴¹ ECCAP. *Op. cit.* pp. 14, 15

Los desechos del reactor y del enriquecimiento pueden ser reprocesados o almacenados. El reprocesamiento involucra separar el uranio y el plutonio de los desechos y reaprovecharlos en el ciclo de combustible, obteniendo un tipo de combustible que será una mezcla de óxidos, conocida como MOX y puede ser aprovechado por cierto tipo de reactores; el resto de los desechos, que siguen siendo peligrosos deberán ser confinados y resguardados durante largos periodos, pues la radiactividad tomará varios años en disminuir a niveles que faciliten su manejo seguro⁴².

Perspectivas generales

La energía nuclear ha recobrado importancia a nivel mundial; en México también cobra más relevancia por dos factores críticos que señala el POISE⁴³: Uno es que la obtención de electricidad por este medio produce una cantidad muy reducida de gases de efecto invernadero cuando se la compara con las tecnologías basadas en quema de fósiles; el segundo, es la estabilidad del precio del combustible nuclear, a diferencia de los volátiles precios de los escaseantes combustibles fósiles⁴⁴ (POISE 2010-2024). Adicionalmente, es una tecnología probada con éxito en el país, en el caso de la planta nuclear en Laguna Verde, Veracruz, que cada año produce el 5% de la electricidad nacional y que actualmente se encuentra en etapa de potenciación. Los costos totales de producción de energía eléctrica, incluyendo costos externos o externalidades⁴⁵, en plantas nucleoelectricas, resultan más bajos comparados con los de las plantas que queman combustibles fósiles⁴⁶. La Secretaria de Energía, Georgina Kessel, ha expresado el interés de México por la energía nuclear, ya que es un recurso probado y conocido en el país y es

⁴² Fernández, R, *et al. Op. cit.* p. 6

⁴³ POISE: Programa de Inversiones del Sector Energético, reporte emitido anualmente por la Comisión Federal de Electricidad, resultado de estudios para la planificación del sistema eléctrico del país. Contiene datos y detalles de operación del sector en los que se basa para realizar proyecciones a 10 o 15 años.

⁴⁴ CFE. *POISE 2010-2024*. pp. 107, 108

⁴⁵ Los costos externos son aquellos costos o beneficios en que se incurre y que están directamente relacionados con la salud y el medio ambiente. Estos costos incluyen en particular los efectos de la contaminación del aire en la salud del público, cultivos agrícolas y edificios, así como las muertes ocupacionales y accidentales. (Fuente: Estrada Sarti Guillermo José. *Análisis Jerárquico para la toma de decisión en la planeación de la capacidad de generación eléctrica en México a largo plazo.*).

⁴⁶ AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 123

alternativa para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera⁴⁷. Adicionalmente, la CFE informa que la nucleoelectricidad de Laguna Verde mantiene el costo variable de operación más bajo en todo el sistema eléctrico mexicano⁴⁸. Estas son razones de peso cuando se ponen en la balanza con los combustibles fósiles, pues CFE plantea que las centrales nucleoelectricas competirán con las de ciclo combinado si el gas natural mantiene un precio estable, y prevé que los precios de los combustibles fósiles se incrementen en el futuro, obedeciendo la tendencia observada en el pasado.⁴⁹

La energía nuclear, su aprovechamiento y explotación, está supervisada por organismos internacionales que evalúan continuamente las actividades que involucran el manejo y consumo de materiales nucleares a escala mundial. En la actualidad existen mecanismos para monitorear estas actividades; una técnica versátil es el monitoreo satelital, que puede captar las variaciones de radiación en una región; este mecanismo es utilizado por la Agencia Internacional de Energía Atómica IAEA. Tiene un gran alcance y como se puede suponer ayuda a detectar actividades no declaradas y por lo tanto sospechosas⁵⁰.

Las razones de ser para mecanismos como éste y otros organismos que vigilan el uso de los recursos radiactivos pueden resultar obvias. La energía nuclear es una espada de dos filos; casi cualquier objeto puede utilizarse para el bien o para el mal, una roca puede ser pisapapeles en un escritorio o arma letal lanzada a la sien de alguien. La cuestión versa en el tipo de uso que se le dé a la energía nuclear. El poder del átomo desencadena una potencia que puede propiciar daños súbitos o graduales en un medio, y ante la existencia de instrumentos temibles como las armas nucleares se puede, con justa razón, suscitar la siguiente pregunta ¿Qué tanto el hombre puede dominar esta energía? o más importante, ¿Qué tan responsable puede ser el hombre al manejar este potencial? Estas preguntas

⁴⁷ Discurso de bienvenida de la secretaria de energía Georgina Kessel para el seminario "La Nucleoelectricidad en México y en el Mundo" <http://comunicacion.senado.gob.mx> consultado octubre 2010

⁴⁸ CFE. *Op. cit.* p. 46

⁴⁹ CFE. *Op. cit.* pp. 108, 107

⁵⁰ ElBaradei, Mohammed, Dr. (presidente de la IAEA). *Conferencia: Nuclear Technology in a Changing World: Have We Reached a Turning Point?*. <http://mitworld.mit.edu/video/300>

están abiertas desde que *Marie Curie y Pierre Curie*⁵¹ incursionaron en estudios radiológicos, y no son preguntas de respuesta inmediata sino más bien de acción sobre la reflexión.

Como se ha visto en la parte introductoria de este capítulo, la generación de energía nuclear impone un reto. En el caso de países como México, porque se tiene que asimilar tecnología extranjera, y la energía nuclear carga un estigma por accidentes como Chernóbil en 1986. Además, la liberación del potencial nuclear con fines bélicos en Japón y sus desastrosas consecuencias han sido hechos de alarma. A raíz de acontecimientos como estos el miedo ha corrido por el planeta, y no es un miedo injustificado, infunde respeto, y es el mismo que se le debe guardar a todas las actividades industriales que puedan desencadenar accidentes. Por ello hay una gran atención hacia la supervisión y regulación de las actividades nucleares, a diferencia del escaso cuidado que se le dió al consumo de combustibles fósiles.

Si bien la energía nuclear prueba ser un aliado en el combate a la creciente emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂, debe ser parte de una variedad en la cartera de fuentes energéticas. Como explica el POISE, la diversificación de la producción eléctrica es conveniente, pues al no depender de un combustible se reduce el riesgo financiero frente a la volatilidad de los precios de hidrocarburos y costos de las tecnologías de producción, al mismo tiempo que se rompe la dependencia de un solo proveedor y se promueve la apertura hacia las tecnologías renovables⁵².

No hay que olvidar que la seguridad de la energía nuclear sigue a prueba; como se demostró en Japón durante el primer semestre del año 2011, cuando un terremoto y un tsunami afectaron severamente a la central nuclear *Fukushima Daiichi*, constituida por seis

⁵¹ Matrimonio de Científicos que estudiaron las propiedades radiológicas de diferentes materiales como el uranio y el radio, elemento que fue descubierto y nombrado por ellos. Madame Curie murió de una enfermedad relacionada con la exposición a la radiación. www.aip.org > *history* > Madame Curie. Septiembre 2010

⁵² CFE. *Op. cit.* pp. 107, 108

reactores nucleares tipo BWR, desencadenando la fusión total de los reactores 1, 2, y 3⁵³, así como un daño considerable al reactor número 4, del complejo nuclear. El desastre implicó la liberación de radiación a la atmósfera y al mar. La IAEA (Agencia Internacional de Energía Atómica) valoró el desastre a la par del ocurrido en *Chernóbil*, Ucrania⁵⁴ en 1986. Aunque es cierto que los problemas en la planta se desencadenaron por la conjunción extraordinaria, de un fuerte terremoto y un gran *tsunami*, que afectaron directamente al complejo *Fukushima Daiichi*, la vulnerabilidad de las plantas como la japonesa en cuestión (ubicada en zona sísmica) ya había sido evaluada y reportada por la U.S. NRC (Comisión Reguladora Nuclear estadounidense) en 1990; no obstante que dicho reporte fue citado por la Agencia de Seguridad Industrial y Nuclear japonesa en 2004, la compañía operadora de la planta, TEPCO, no tomó medidas para mitigar el riesgo⁵⁵. Todo esto arrastra a la conclusión, una vez más, de que la cuestión que puede ser más determinante en el ámbito nuclear, es la negligencia por parte de las personas y organizaciones responsables. Sería muy conveniente poner en tela de juicio la capacidad del ser humano para manejar los riesgos que implica la operación de fuentes de energía tan poderosas como la nuclear.

Ponderaciones éticas

A continuación se abordarán consideraciones éticas acerca de los efectos y fenómenos involucrados con la explotación de la energía nuclear.

Fusión del núcleo del reactor

Este es un riesgo latente en un reactor nuclear. Una fusión del núcleo ocurre cuando se sobrecalienta el reactor y daña las estructuras aledañas, liberando radiación a la atmósfera⁵⁶. Los daños pueden ser de proporciones muy grandes. Los ejemplos que se

⁵³ *CNN International*. “3 nuclear reactors melted down after quake, Japan confirms” en www.edition.cnn.com. 2011. Consultado junio 2011

⁵⁴ *Sydney Morning Herald*. “Fukushima nuclear disaster now on par with Chernobyl in wake of more quakes” en www.smh.com.au 2011. Consultado abril 2011

⁵⁵ Kitamura Makiko. “Japan’s Reactor Risk Foretold 20 Years Ago in U.S. Agency Report”, en www.Bloomberg.com 2011. Consultado Junio 2011

⁵⁶ ECCAP. *Op. cit.* p. 11

encuentran en la historia son los accidentes de *Three-Mile Island*, E.U. en 1979, el de *Chernóbil*, Ucrania en 1986 y *Fukushima*, Japón en 2011; los tres accidentes produjeron un daño ambiental y a la salud graves. Aunque en la actualidad la probabilidad de daño al núcleo en un reactor ABWR⁵⁷ (*Advanced Boiling Water Reactor*) por ejemplo, es de 1 en 10 millones(10^{-7}) por año, es un riesgo existente y aumenta al crecer el número de plantas en funcionamiento a nivel mundial. Es verdad que sólo ha sucedido en las tres ocasiones arriba mencionadas en la historia, y aunque el riesgo es real, y sigue presente, se trabaja en el diseño de sistemas de control para incrementar la seguridad de las plantas⁵⁸, sin embargo, cuando sucede, los daños son considerables y se hace aparente lo pequeños que pueden resultar los esfuerzos mitigantes al ser este fenómeno hasta cierto grado impredecible.

Combustible nuclear

La obtención del combustible nuclear puede dañar la salud y el medio ambiente tanto como la minería tradicional. Adicionalmente, el trato negligente de contaminantes físicos radiológicos y químicos puede tener repercusiones en las áreas y comunidades aledañas en donde se lleva a cabo la explotación. Dicha negligencia puede resultar en agua contaminada por residuos (drenajes ácidos) y contaminación radiológica liberada a la atmósfera debido al uranio no procesado y al uranio pulverizado. Estos productos de la explotación pueden acarrear daños grandes si no se tratan con el cuidado adecuado y se remedian a tiempo⁵⁹.

⁵⁷ ABWR (*Advanced Boiling Water Reactor*). “Este reactor fue diseñado por General Electric y certificado por la NRC en 1997. Tiene una capacidad de generación eléctrica de 1371 MWe, una potencia térmica de 3,926 MWt...Se han construido cuatro unidades nucleoeléctricas con este reactor en Japón las cuales están operando, además existen otras en construcción. Tiene la factibilidad de utilizar combustible MOX(Mezcla de oxidos de plutonio y uranio combustible reprocessado)”. Fuente: AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 23).

⁵⁸ AMC, AI, UNAM. *Op cit.* p. 125

⁵⁹ ECCAP. *Op cit.* p. 12

Cabe mencionar que la obtención de combustible nuclear es uno de los procesos durante los cuales sí se liberan gases de efecto invernadero, pero son reducidos cuando se les compara con la cantidad que emiten las plantas que utilizan combustibles fósiles⁶⁰.

Desechos nucleares

El combustible nuclear genera residuos con un alto nivel de radiactividad. Al ser removidos del reactor, se almacenan en albercas, en algunos casos dentro de la planta, durante unos años, para que la radiactividad disminuya con el paso del tiempo y así sea más fácil el manejo posterior. En la actualidad los desechos radiactivos se pueden manejar de dos maneras: almacenamiento indefinido o reprocesamiento. Las dos opciones son sujetos de consideraciones éticas importantes.

El reprocesamiento es caro, y no elimina por completo el almacenamiento a largo plazo, porque genera desechos que no se pueden tratar para reingresar al ciclo de combustible y deben ser almacenados. Además, ha probado ser un proceso contaminante, pues han habido desastres ecológicos y económicos relacionados con las plantas de reprocesamiento. Se le critica por ser un procedimiento que genera riesgos y que no es redituable.

Parte de los desechos radiactivos están formados por plutonio 239, un isótopo que se puede utilizar directamente para fabricar armas nucleares o un arma conocida como bomba sucia que no es en sí una bomba nuclear, pero su potencial dañino a la vida es considerable.

El almacenaje de los desechos implica retos substanciales, y a la luz de ellos se han preparado políticas y procedimientos para regular esta actividad y los riesgos que la acompañan; sin embargo, existen dudas en cuanto a la sensibilidad de estos criterios al problema que representa la disposición final de estos desechos. Uno de los primeros aspectos que menciona el reporte "*Ethics of Nuclear Energy*" del proyecto ECCAP (*Ethics and Climate Change in Asia and Pacific*) es que los modelos tomados no consideran las

⁶⁰ *Ibidem.* p. 13

variables humanas como las actitudes de la sociedad y las opiniones éticas, o sólo lo hacen de una manera subjetiva y para cumplir con el protocolo. Sin embargo, hay que reflexionar sobre el almacenaje a largo plazo, a la luz del hecho que los residuos radiactivos tardarán miles de años en alcanzar niveles de actividad inofensivos para la vida. Es muy osado pretender predecir lo que ocurrirá a lo largo de siglos en el planeta y en la humanidad, así que también se ha optado por el confinamiento geológico (almacenaje a grandes profundidades en un espacio geológicamente estable) y se han hecho estudios probabilísticos para valorar los riesgos. En el caso de la locación propuesta en Yucca Mountain, E.U., el estudio involucró 177 variables; sólo diremos que en la actualidad el sitio no ha sido autorizado para operar⁶¹.

Recomendaciones

A lo largo del capítulo podemos entrever que la nucleoelectricidad se puede perfilar como un paso necesario para el país en cuanto a sostenibilidad se trata; lo que también subraya el reporte *La Nucleoelectricidad una oportunidad para México* de la AMC (Academia Mexicana de Ciencias) que alienta el desarrollo de la tecnología nuclear en México, pues enfatiza que es necesaria y viable la construcción y puesta en marcha de nuevas centrales nucleoelectricas.

Lo anterior está fundado en que los costos de generación eléctrica por medios nucleares son más bajos, y que esta tecnología produce considerablemente menor cantidad de CO₂ que las competidoras, también que las plantas nucleoelectricas ofrecen un alto factor de disponibilidad y la liberación de energía del combustible nuclear compite con los combustibles fósiles⁶².

Los estudios reportan que los riesgos de una fusión nuclear en el reactor cada vez son menores; los protocolos de seguridad y sistemas han sido mejorados en gran medida desde el desastre en Chernóbil. Todos estos hechos son respaldados por científicos mexicanos del más alto nivel en diversos reportes, tesis y artículos y hacen eco con la

⁶¹ *Ibidem.* pp.15, 16

⁶² CFE. *Op cit.* p. 46

opinión de la comunidad científica mundial. A los beneficios de la nucleoelectricidad no se les encuentra un revés contundente; sin embargo, como ya se ha visto, existen riesgos asociados a las operaciones que se desprenden de la explotación nuclear así como un impacto ambiental, que no se relaciona con el calentamiento global pero que sí es potencialmente desastroso. Vale la pena entonces hacer una pequeña reflexión:

Realmente, la noción de impulsar una alternativa energética generadora de desechos que pueden ser usados con fines bélicos o que son un riesgo al ambiente y a la salud parece incoherente respecto a los criterios de sustentabilidad; además, el tiempo para que los desechos se vuelvan inofensivos es de miles de años y el sentido común puede indicar una ruta en la que se minimice al máximo la generación de cualquier desecho peligroso, dadas las nociones de precaución y criterios de seguridad. Por otro lado, el reprocesamiento parece una mejor opción, ¿qué mejor que hacerse cargo de los desechos peligrosos?, pero, ¿vale la pena invertir dinero en un proceso costoso que impone riesgos al ambiente al no ser limpio, y que con todo y todo no elimina al 100% los materiales peligrosos? La extracción del mineral de uranio presenta otros problemas potenciales que deben ser tomados en cuenta; la actividad minera también genera un impacto ambiental y los desechos que se derivan de ésta también deben ser tratados como riesgosos.

El impulso de la extracción y manejo de combustible nuclear para plantas de generación eléctrica da mucho que regular, pues ese combustible es el mismo material que se usa para construir armas de destrucción masiva y otros tipos de armas de menor impacto. La proliferación de estos materiales estará siempre sujeta al riesgo de caer en manos de personas con intereses bélicos. La tecnología que un país debe adoptar para ser independiente en cuanto al manejo y producción de energía nuclear, puede propiciar, directa o indirectamente, la proliferación de material radiactivo y la metodología usada para desarrollar y fabricar armamento nuclear.⁶³

Se han realizado estudios comparativos que demuestran que el costo estandarizado de producción de electricidad (el costo por Kilowatt-hora, parámetro muy descriptivo y que presenta pocos equívocos) es más bajo en total, en el caso de la energía nuclear, que en

⁶³ *Ibidem.* p. 15

el de la producción por medios fósiles cuando se consideran costos externos (costos ambientales y daños a la salud)⁶⁴.

Aún con todos estos factores en la balanza, parece muy pertinente sopesar la posición que debería tomar la energía nuclear en el abanico o cartera de producción energética en los años venideros. Podemos ver el ejemplo de Francia, que desde 1980 buscó reducir su dependencia de combustibles fósiles importados y triplicó su producción eléctrica por medios nucleares. Desde entonces sus emisiones contaminantes debidas a la actividad del sistema eléctrico han disminuido un 80-90%⁶⁵. Y una situación que es apremiante en términos de salvaguardar a las especies, a las ciudades y zonas costeras que están por debajo o al nivel del mar, es la reducción inmediata de gases de efecto invernadero. Por otro lado, la búsqueda de soluciones energéticas que supongan menos riesgos y que entreguen la respuesta necesaria para cubrir las demandas de energía mundial sigue en curso, por lo que parece que la tecnología nuclear es una respuesta en la transición hacia la sustentabilidad. Pero a la luz de las circunstancias presentes y avances en el campo nuclear, debe ser un escalón que permita ganar tiempo para poder divisar respuestas tecnológicas más amigables con el ambiente, que no presenten amenazas de salud. Así entonces, la tecnología nuclear podría ser una respuesta parcial y temporal a los problemas de sustentabilidad de hoy.

⁶⁴ Estrada Sarti Guillermo José. *Análisis Jerárquico para la toma de decisión en la planeación de la capacidad de generación eléctrica en México a largo plazo*.

⁶⁵ ECCAP. *Op cit.* p. 12

Capítulo 3: Energía solar

*Se debe hacer todo tan sencillo como sea posible,
pero no más sencillo.*
Albert Einstein

Fundamentación

Continuando con el análisis para encontrar una respuesta concisa por parte de las energías limpias a la creciente demanda de energía y la variedad de crisis que se han presentado durante la década de los noventa y lo que va del siglo XXI, parece adecuado voltear la mirada hacia la fuente de energía más antigua que conoce el ser humano: el Sol. La energía del sol nos invita a aprovecharla primeramente porque el suministro es gratuito, que para efectos prácticos se puede idealizar como inacabable. Además México cuenta con una tasa de irradiación solar de 1 kW/m^2 y 7 kWh/m^2 , en el noroeste del país; éstos índices, dice Gerardo Hiriart Lebert, son de los mejores del planeta⁶⁶.

La cuestión principal en el aprovechamiento de la energía solar es el cómo transformarla y en qué forma aprovecharla. Una manera de aprovechamiento es utilizar la energía solar en forma de calor y la otra es transformar la energía radiante del sol en electricidad. La cantidad de procesos industriales y necesidades habitacionales que dependen de energía térmica y electricidad es grande y en la actualidad se queman combustibles fósiles para obtener estas dos energías.

⁶⁶ Hiriart Lebert, Gerardo. "Reflexión sobre las energías renovables en México" en Ingeniería Civil, N° 503, Marzo 2011 p. 25

El reto que representa la utilización de la energía solar es su captación y almacenamiento en forma de calor, para después disponer de ella. En la actualidad, la radiación solar y su efecto calorífico se pueden aprovechar como tales o pueden dar lugar a la generación de electricidad. Cabe mencionar que la energía solar ofrece la flexibilidad que involucra el no tener que transportar el recurso primario, la radiación solar, de un lugar a otro, por lo que su aprovechamiento es muy versátil en zonas aisladas o alejadas. Esta misma flexibilidad le confiere la facultad de poder utilizarse en casi cualquier localidad, a nivel regional, siempre y cuando dicha región cuente con una tasa de irradiación solar adecuada, esto es que la cantidad de energía solar sea suficiente para que el funcionamiento efectivo y eficiente de un equipo sea factible. Estas regiones del planeta son las cercanas a los trópicos y la franja comprendida entre éstos⁶⁷.

La energía solar puede responder a tres niveles de generación: pequeño, mediano y grande. La primera para aplicaciones a escala doméstica, la segunda a nivel comunitario y posiblemente industrial y la tercera a escala de generación eléctrica centralizada. La energía solar se puede usar para generación de calor en procesos industriales, desalinización de agua, obtención de energía eléctrica, regulación térmica de espacios, refrigeración, calor para aplicaciones domésticas, esterilización de agua, iluminación, etc.

Habitualmente la producción de energía eléctrica se realiza en plantas centrales que están ubicadas de acuerdo a la distribución del recurso primario, sea este carbón, diesel, gas natural, el cauce de un río o una falla geológica, para después transmitirla a través de kilómetros de cableado tendido por montañas, llanuras o tierras de cultivo, hasta llegar a una subestación en donde el voltaje es transformado y re-distribuido a las casas de una localidad. Este proceso, que tiene su belleza y técnica particular, necesita el despliegue de una gran infraestructura dedicada solamente a la transmisión y distribución de electricidad a lo largo del país.

Las energías alternativas, como la energía solar, en sus variantes pueden responder a un esquema de producción distribuida, esto es producir la energía cerca de donde se

⁶⁷ Fernández-García, A, *et al. Parabolic-trough solar collectors and their applications*. p. 1703

consume. Es decir, que la energía obtenida por medios solares, puede prescindir de etapas de transmisión largas, que involucran pérdidas importantes de transporte y distribución; estas pérdidas fueron durante el 2008 de 16.83% en el Sistema Eléctrico Nacional⁶⁸.

Podemos resumir las ventajas de una energía como la solar en los siguientes puntos:

- Elimina o reduce las pérdidas por transmisión y distribución con la problemática correspondiente.
- Al aprovechar mejor la iluminación diurna y la regulación de temperatura, se reduce el consumo de energía eléctrica.
- El hecho de obtener la energía donde se consume ofrece la oportunidad de involucrar al consumidor de una manera más íntima con los recursos que posibilitan su vida digna; esto promueve una visión más responsable y consecuente del consumo y utilización de los mismos.
- Aprovechar un recurso gratuito como el sol, acompañado del desarrollo y uso de tecnología nacional, encamina hacia la independencia energética y promueve la estabilidad económica ante un mercado energético internacional de precios volátiles.
- Se impulsa una nueva ideología para aprovechar las energías presentes por efectos naturales, sin contaminar los ecosistemas. Otros ejemplos, aparte del sol, son el aprovechamiento del biogás, producto de la descomposición de residuos orgánicos y excretas, la energía eólica y la geotérmica.
- Es una forma efectiva de reducir la emisión de gases contaminantes y la producción de desechos peligrosos como los de la energía nuclear.

⁶⁸ CFE. *POISE 2010-2024* p. 58

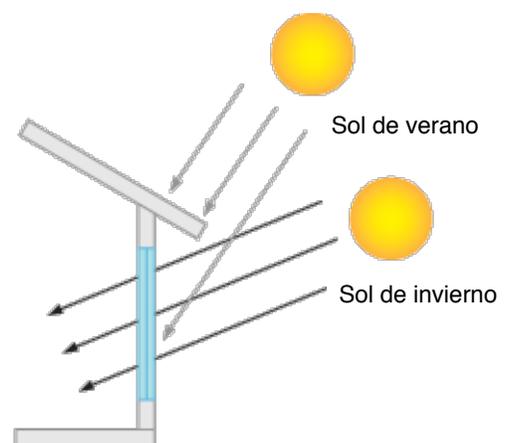
Tecnología solar

Si la demanda de energía eléctrica, tiende a crecer, lo más lógico, aunque no más aparente, debe ser mejorar el aprovechamiento justo donde se consume. Esto se puede hacer por medio de la eficiencia térmica y generación de energía en los edificios. La eficiencia térmica es la optimización de diseños para ahorro de gastos de climatización artificial, y la generación de energía consiste en la integración de tecnologías que aprovechen energías renovables en los edificios⁶⁹.

Arquitectura solar pasiva

La cuestión central de la arquitectura solar pasiva es usar técnicas estructurales que aprovechen la energía solar disponible con un mínimo de supervisión por parte del usuario,;son diseños inteligentes y permanentes que aprovechan de manera natural la fuente solar. Para ilustrar el concepto, se hará mención de algunos métodos para aprovechar la irradiación solar.

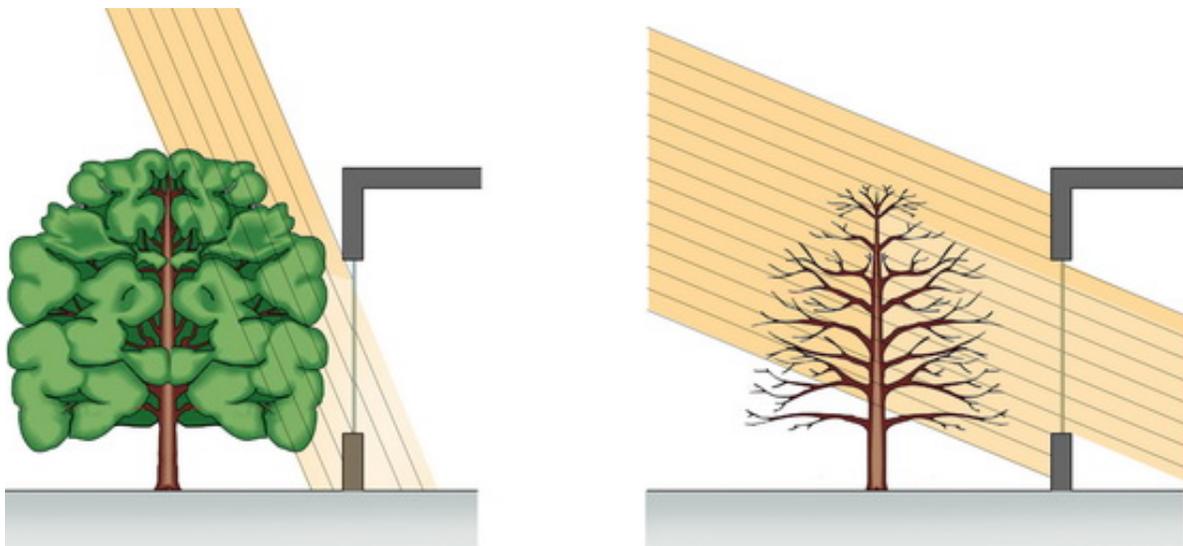
Debido al fenómeno de traslación de la tierra alrededor del sol, y el hecho de que la tierra mantiene una inclinación respecto a su órbita solar, la incidencia de los rayos solares cambia al pasar las estaciones del año. Es por ese ángulo de incidencia que se dan las variaciones en las temperaturas de estación. Se puede utilizar la orientación de ventanales para regular la entrada de luz solar a un recinto cerrado, como una casa, de acuerdo con las estaciones del año. El concepto se explica a continuación: Si las fachadas con ventanales se orientan viendo hacia el ecuador, como en la figura contigua, se consigue que estas entradas reciban luz solar durante la mayor parte del día. Adicionalmente, cuando es invierno y la caída de los rayos solares es más inclinada, esta orientación permite que entre una mayor cantidad de luz solar al recinto, aprovechando la radiación solar disponible para elevar la



⁶⁹ AMC, AI, UNAM. *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. p. 85

temperatura interior; cuando es verano los rayos solares inciden de manera más perpendicular, menos luz solar entra por los ventanales debido a que la inclinación de los rayos es menor, esto protege el interior y posibilita la conservación de temperaturas más frescas que las exteriores. El canto adicional que sobresale de la fachada detiene los rayos solares cuando menos se necesitan (verano) y permite su entrada cuando más se necesitan (invierno).

También se pueden utilizar árboles no perennes para regular la entrada de rayos solares a un edificio como se ilustra a continuación.



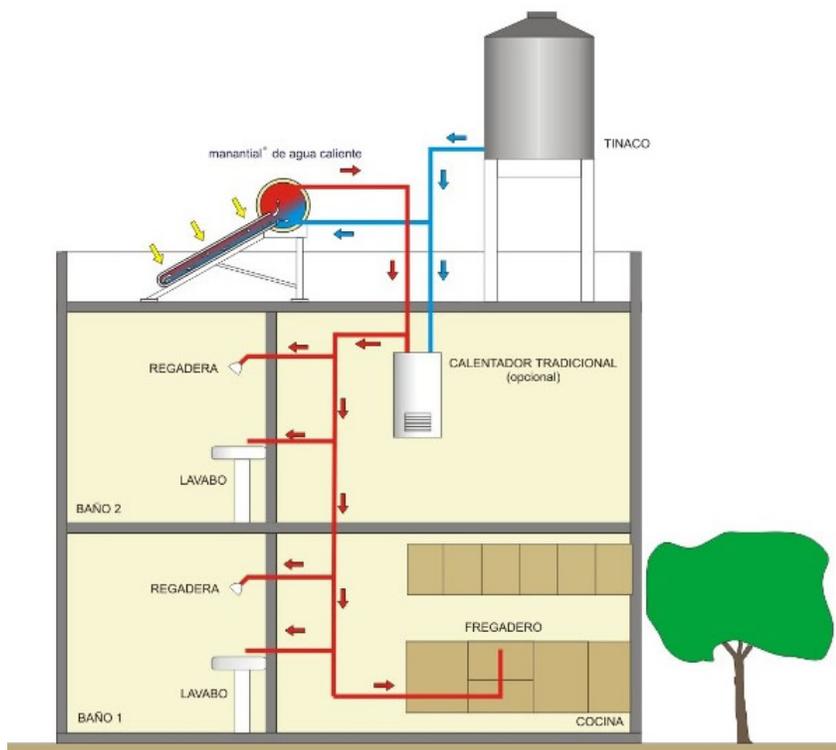
Durante el verano y los meses de más calor, el árbol conserva su follaje y bloquea los rayos solares; durante el invierno el árbol pierde sus hojas y así permite que pase más radiación solar al interior del edificio, propiciando la elevación de temperatura en el interior.

Estos dos ejemplos constituyen sólo una pequeña parte del variado repertorio de técnicas para aprovechar la radiación solar. Estas metodologías son muy útiles para ahorrar energía eléctrica que de otra manera sería utilizada para potenciar sistemas de aire acondicionado, que suelen consumir grandes cantidades de energía, y para reducir el uso de luz eléctrica al aprovechar la iluminación natural diurna. El impacto de estas técnicas es mayor en zonas de climas extremos pues es donde se hace mayor uso de sistemas eléctricos de calefacción y enfriamiento.

Suministro de agua caliente

El agua caliente y el vapor de agua son un recurso muy socorrido a nivel residencial e industrial. Se usa en aplicaciones de cocina, baño, lavado, desinfección y calefacción. Lo común en muchos países es quemar combustibles fósiles para calentar agua y para las aplicaciones de calefacción se recurre a radiadores que utilizan una resistencia eléctrica. Estas necesidades pueden ser suplidas a través de la energía solar, que se capta en forma de calor, sólo hay que conducirla. El uso de calentadores solares comienza a ser de carácter obligatorio por ley en algunos países como Portugal e Israel⁷⁰.

Las aplicaciones residenciales no precisan de temperaturas mayores a los 100°C⁷¹, por lo que el uso de colectores solares convencionales es apropiado. En estos dispositivos la captación de calor se lleva a cabo utilizando paneles solares térmicos, que captan la radiación térmica del sol gracias a una superficie oscura que se expone a los rayos



solares; esta superficie, por ser de color negro, absorbe mejor la radiación térmica. El calor captado se transfiere a una corriente de agua que circula a través del panel. En el esquema de la izquierda se ilustra la adaptación del colector solar térmico al sistema hidráulico de una residencia. El calentador solar cuenta con un receptáculo de agua conectado a las tuberías que reciben la energía del sol, el agua circula por convección

a través de las tuberías y el sistema solar se acopla al sistema de la casa para suministrar

⁷⁰ Fernández-García, A. *et. al. Op cit.* p. 1712

⁷¹ *Ibidem.*

agua caliente. Puede funcionar en combinación con un calentador de gas que suple la necesidad de energía durante las horas sin sol. Este es el principio básico de funcionamiento, las variantes en la tecnología usan el mismo principio: captación, transferencia y uso.

En cuanto a la refrigeración de espacios residenciales con equipo que utilice calor para funcionar, hace falta investigación y desarrollo ya que los sistemas a esta escala son casi inexistentes en el mercado. Sin embargo, esta tecnología ya funciona a mayores escalas para acondicionar el aire en recintos grandes o para aplicaciones industriales. Existe la tecnología para enfriar aire por medio de enfriadores de absorción propulsados por energía solar concentrada como el caso de las instalaciones de SOPOGY, una compañía Hawaiana (www.sopogy.com) que se especializa en aplicaciones de energía solar concentrada. El acondicionamiento de espacios interiores es un sector que ha crecido mucho en los últimos 20 años; en 2007 se estimaba que la demanda energética para acondicionamiento de espacios alcanzaría 44 GWh en 2010, en contraste con los 1.7 GWh que se demandaban en 1990⁷². Estas cifras nos permiten ver que existe una oportunidad para la introducción de sistemas térmicos que reduzcan el consumo intensivo de energéticos como la electricidad y los combustibles, que sean confiables y que requieran de poco mantenimiento como son los solares.

Tecnología de concentración solar

Esta modalidad de recolección energética es también conocida como energía térmica solar de alta entalpía y se puede usar a mediana (industrial o comunitaria) o a gran escala (producción eléctrica centralizada). Es común su uso para aplicaciones que requieren temperaturas de proceso entre 100 y 250 °C a las que corresponde la tecnología de mediana temperatura, y para aplicaciones que requieren más de 250 °C se usa tecnología de alta temperatura. Las primeras se usan comúnmente para obtener calor de proceso industrial, las últimas se usan, en parte, para generar potencia eléctrica⁷³.

⁷² Clause, M. *et. al. Residential air conditioning and heating by means of enhanced solar collectors coupled to an adsorption system.* p. 1

⁷³ AMC, AI, UNAM. *Op. cit.* p. 35

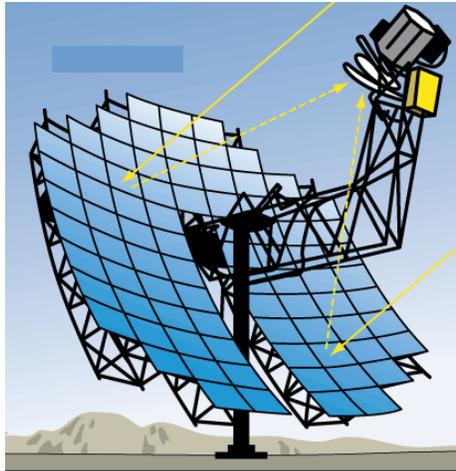
La idea consiste en enfocar la energía solar en un punto por medio de espejos que siguen o apuntan hacia el sol; la energía se recibe sobre un área reflejante que puede totalizar unos cuantos metros cuadrados o hasta hectáreas, la luz solar reflejada se dirige hacia un área muchísimo menor que la de captación, por lo que se logra un efecto concentrador y se pueden alcanzar temperaturas de hasta 400 °C (en el caso del prototipo desarrollado por el IIE en México). La energía concentrada es recogida por un fluido de trabajo, comúnmente agua o aceite, que circula en un ciclo cerrado acoplado a un intercambiador de calor que puede generar vapor que puede hacer funcionar, por ejemplo, un ciclo Rankine para producir electricidad. A continuación un esquema ilustra el concepto del concentrador solar.



Esta figura corresponde a un concentrador de canal parabólico. Se puede apreciar que los rayos del sol (representados por las líneas blancas) son reflejados por unas placas parabólicas hacia un tubo de sección reducida; a través del tubo circula el fluido de trabajo que transporta la energía en forma de calor.

Otra forma de la tecnología de concentración solar, utiliza platos parabólicos que siguen al sol usando dos ejes y que concentran la energía solar en un punto focal, donde se coloca un motor Stirling que puede producir electricidad. Estas tecnologías de concentración solar son implementadas en la actualidad con éxito, siendo la de plato parabólico la de mayor eficiencia neta, con un 31% de conversión de energía solar a eléctrica. La figura siguiente representa en esquema el funcionamiento de un plato parabólico, donde la luz

solar (representada por las líneas amarillas) incide sobre la superficie reflejante del plato y se dirige al punto focal que es de una superficie mucho menor, por lo que la luz solar se concentra. En ese punto focal es donde se dispone el motor Stirling.



El calor obtenido por la tecnología de concentración solar se usa para procesos industriales como generación de vapor, lavado, secado, destilación, pasteurización, obtención de energía eléctrica, etc.

Aunque en México esta tecnología cuenta con 30 años de desarrollo, la implementación de sistemas como estos todavía resulta cara. Los costos oscilan entre \$0.12 y \$0.25⁷⁴ dólares/kWh. Estos costos se podrán abatir en los años por venir, pues es una industria creciente. SIEMENS, a través de inversiones en investigación y desarrollo, se dispone a hacer de esta tecnología una solución asequible para obtener electricidad; pretende dominar el mercado de esta tecnología en las próximas décadas⁷⁵.

Páneles fotovoltaicos

Los páneles fotovoltaicos, transforman la irradiación solar en electricidad. Es una tecnología que ha madurado desde los años 50's a partir de las aplicaciones espaciales y su potencial es grande a escala distribuida. Es una solución amigable al ambiente y puede cubrir necesidades energéticas a nivel residencial o comercial, su operación y

⁷⁴ *Ibidem.* p. 40

⁷⁵ SIEMENS. *Securing the future with the power of the sun: Concentrated solar power technology for sustainable power generation.* p 3

mantenimiento son sencillos. Al instalar equipos como éstos, se puede lograr la conexión bilateral con la compañía de electricidad, en el caso de algunos países como México. Estos sistemas son flexibles y se pueden adaptar a las necesidades determinadas para ser usados nivel residencial, comercial o industrial.

La tecnología fotovoltaica presenta el inconveniente de requerir una inversión inicial alta. Este es el principal freno para estos sistemas solares; sin embargo hay países como España y Alemania, que se han dado cuenta del potencial que tiene el aprovechamiento de la energía solar y el desarrollo de una industria propia solar, por lo que la impulsan con recursos legales que han aumentado la demanda de esta tecnología, lo que ha dado lugar al incremento de la investigación y desarrollo, reduciendo el costo de producción de los módulos fotovoltaicos. Gracias a esto la fotovoltaica crece 50% anualmente.

Los costos de producción de electricidad con esta tecnología a gran escala van de \$0.50 a \$2.0 dólares por kWh., lo cual es alto cuando se los compara con los costos de producción por medio de combustibles fósiles que son de entre \$0.08 y \$0.10 dólares por kWh. Por esta razón el uso ha estado limitado a zonas rurales remotas, donde el acceso de líneas de transmisión es difícil o costoso. Cabe decir que los esquemas de interconexión a la red son un impulso fuerte a estos sistemas. En México se puede hacer la conexión de sistemas fotovoltaicos de hasta 3 kW a la red de CFE. En esta conexión se usa un medidor bidireccional. Lo que el usuario paga a la compañía de electricidad es la diferencia entre lo consumido y lo suministrado a la red por el sistema solar.

Energía solar, su papel en la sustentabilidad

Debido al lugar que ocupa la energía solar, podemos insertarla dentro del cuadro de las energías renovables, pues se encuentra en un lugar parecido al de otras tecnologías afines. Así, podemos hablar en general de las energías renovables, que no vienen a dar al traste con los modelos productivos actuales: no se trata de cambiar radicalmente el modo en el que se produce y se consume energía, tratar de cambiarlo de tajo no es posible porque no es una respuesta asequible. Las variables involucradas son diversas y están interrelacionadas; estas son: económicas, ideológicas, sociales, tecnológicas y políticas.

Así como la revolución industrial no se gestó en unos días, el aporte de las energías renovables debe irse entretejiendo paulatinamente, con el modelo actual y gradualmente podrá darse la transición a un modelo cada vez más perpetuable.

Siendo así, debemos hablar de soluciones integrales. En el caso de la energía solar, esta es una realidad a nivel de generación local. El punto de entrada de esta tecnología ha sido a través de sistemas solares térmicos domésticos e industriales que desplazan a combustibles para generar calor y sistemas solares fotovoltaicos que reducen la demanda de electricidad a la red de distribución. En el caso de los sistemas de generación independientes se puede realizar una conexión bilateral a la red, esto permite que el excedente de energía producido por celdas fotovoltaicas, u otras fuentes, pueda ser aprovechado en la red. Bajo este esquema de conexión bilateral se puede vender el excedente a la compañía de electricidad, de manera que el recibo se verá reducido por haber consumido menos electricidad que antes y por haber mandado (técnicamente “vendido”) electricidad a la red de distribución.

Otro punto importante a considerar es que las energías renovables necesitan impulso por parte del Estado, a través de políticas energéticas que las incluyan de manera consistente en la cartera de generación, incentivando la apertura hacia la generación distribuida, y creando incentivos como exención de impuestos y programas de financiamiento para adquirir y poner en marcha estas tecnologías. También es imperativo un esquema de desarrollo nacional de tecnologías renovables, para así dejar de depender de compañías extranjeras, lo que beneficia el desarrollo industrial de la nación, pues la demanda internacional de tecnologías renovables seguirá creciendo con los años.

Implementar tecnologías que aprovechen las energías renovables en sus diferentes formas no es suficiente; una planeación energética consistente con las necesidades ambientales, sociales y económicas no sólo debe regular la producción de energéticos sino también el consumo. Lo más adecuado es regular la demanda, mediante programas de ahorro y uso racional de la energía, a través de leyes que deriven en la aplicación de normas de carácter obligatorio. La lógica “a mayor demanda mayor producción” ya no es aplicable debido a los impactos negativos que produce un consumo siempre creciente;

entonces responder bajo esa premisa es irresponsable. Aprovechar de una mejor manera la energía disponible significa ahorros para los consumidores y para las compañías productoras de energéticos. Esto se puede lograr con esquemas de generación distribuida o *in-situ*, que reduce pérdidas por transporte y se aprovechan recursos como: sol, viento, biogás de desechos orgánicos, iluminación y calentamiento de espacios por luz solar disponible, por ejemplo. También se aprovecha la funcionalidad de espacios como: azoteas, rellenos sanitarios, fachadas y paredes. Cabe decir que para lograr esto se requieren, también, normas que hagan obligatorio el uso racional de la energía.

Con los elementos hasta aquí expuestos, podemos pensar en un esquema de comunidades energéticamente autónomas. Sólo para dar una idea, en 2008 el consumo eléctrico promedio de una casa estadounidense mensual fue de 920⁷⁶ kWh; un sistema de concentración solar de plato parabólico fabricado por Infinia, produce 38.4 kWh al día, cifra que multiplicada por los 30 días del mes da 1,152 kWh. También podemos tomar en cuenta que en el *Decathlon Solar 2010*⁷⁷ la casa solar ganadora consumió un promedio diario de 22.9 kWh⁷⁸ para albergar a una pequeña familia y era alimentada en su totalidad por energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, y que además producía un excedente energético; su razón de generación-consumo de energía fue de 2.37 y el excedente fue vertido a la red eléctrica local.

Israel legisla desde 1980 el mercado solar, y el 90% de las instalaciones de calentadores solares en ese país son voluntarias. El gobierno español también ha hecho de carácter obligatorio la instalación de sistemas solares para calentar agua en algunos casos. En Portugal los códigos de construcción establecen un mínimo de un metro cuadrado de instalaciones térmicas solares, o su equivalente en energía renovable, por persona⁷⁹. Con

⁷⁶ U.S. Energy Information Administration. <http://www.eia.doe.gov> *Frequently Asked Questions – Electricity > How much electricity does an American home use?* consultado enero 2011

⁷⁷ *Solar Decathlon* es una competición universitaria global, en la que se persigue el diseño y construcción de viviendas autosuficientes, que utilicen sólo energía procedente del sol y que hagan un uso eficiente de los recursos naturales. Fuente: www.sdeurope.org > Quiénes somos. Consultado enero 2011

⁷⁸ Rosell, Alejandro. “Solar Decathlon Madrid 2010” en *Photon: La revista de fotovoltaica*, N° 8, Madrid, Agosto 2010. p. 90

⁷⁹ Fernández-García, A. *et. al. Op. cit.* p. 1712

estos precedentes podemos ver que es necesario y posible plantear el cambio en el enfoque de la generación eléctrica.

Actualmente existe una licitación de CFE para instalar una planta termosolar híbrida de 12 MW en el norte del país. El impulso a la energía solar debe estar legislado, pues el monopolio que representa CFE está obligado por ley a producir electricidad con las tecnologías más baratas, esquema que no favorece la implantación de energía solar por ser ésta más cara. Entonces ¿por qué invertir en una energía que es de momento más cara e intermitente? Impulsar la industria nacional y hacer posible la explotación de un recurso limpio y abundante en el territorio es lo más lógico; además, el aprovechamiento de la energía solar no es privativo de las fronteras, es una industria que se puede proyectar internacionalmente. La energía solar no emite gases de efecto invernadero, los costos de generación son estables y tenderán a reducirse conforme estas tecnologías avancen más.

A considerar

Podemos intuir que es posible pensar en soluciones solares integrales que remedien las necesidades energéticas de una vivienda. Nos estamos acercando a soluciones que respondan a las necesidades energéticas crecientes, sin tener que aumentar las emisiones contaminantes y los impactos ambientales negativos; sin embargo, en estos momentos nos tenemos que basar, hablando de tecnologías entrantes, en estudios científicos y ahí la importancia del impulso a la investigación en universidades y en la industria. También es fundamental para el cuidado del ambiente, y para cumplir con la responsabilidad social que emana de cualquier actividad industrial, que los costos de producción energética comiencen a integrar los costos externos o externalidades⁸⁰, así las tecnologías como la solar ganarán competitividad en costos de generación, pues las externalidades producidas por la energía solar son menores al tener un menor impacto ambiental.

⁸⁰ Costos externos: Son aquellos costos o beneficios en que se incurre y que están directamente relacionados con la salud y el medio ambiente. Estos costos incluyen en particular los efectos de la contaminación del aire en la salud del público, cultivos agrícolas y edificios, así como las muertes ocupacionales y accidentales. Fuente: Estrada Sarti, Guillermo José. *Análisis Jerárquico para la toma de decisión en la planeación de la capacidad de generación eléctrica en México a largo plazo*.

La implementación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar debe ser impulsada por el Estado con normativas y supervisada por los integrantes, investigadores y académicos de los ámbitos sociales, ambientales y económicos con la guía de la ética en mente y mano; es decir, que debe llegar a ser empresa multidisciplinaria. También deben participar organizaciones civiles sin fines de lucro para ayudar a conciliar las necesidades con los ejecutores de los proyectos. Debemos entender que en cuanto al uso de energía se trata se debe involucrar el Estado y la sociedad en el consumo responsable; una vez más debemos decir que el modelo de crecimiento desmesurado de abasto sin tope no es viable.

Capítulo 4: Educación para la tecnología

El hombre no debe considerar tanto lo que hace, sino lo que es.

Meister Eckhart

La imaginación es más importante que el conocimiento.

Albert Einsein

Es necesario hablar del proceso de formación de científicos y tecnólogos y llamar la atención hacia un aspecto importante, las causas que impulsan a un estudiante a elegir y cursar una licenciatura en la actualidad y con ello perseguir una carrera en la sociedad. Son de interés estas causas porque de ellas deriva la manera en la que un profesionista desarrollará su carrera, si es que llega a ejercer su profesión. También se hablará un poco por separado acerca de la importancia de la producción de energía, soluciones sustentables y su relación con la educación. Es importante hacer esta reflexión porque la calidad de los profesionistas del futuro es crucial para asentar la sustentabilidad.

Nación, ecología y educación

La disponibilidad y consumo de energía per cápita de un país, son indicativos del nivel de desarrollo nacional y nivel de vida de sus habitantes. La energía es un recurso de necesidad básica pues es, por definición, la capacidad de realizar un trabajo. Se puede entrever que la disponibilidad de energía y el bienestar de una población están relacionados⁸¹.

⁸¹ Kimmins, James Peter. *Ethics of Energy: A framework for action*. Foreword

Por otro lado es de facto que la producción de energía ha resultado contraproducente en términos ecológicos, pues los medios más convencionales de producción implican el consumo de combustibles fósiles, liberación de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos. Además, los combustibles fósiles comienzan a escasear y un día se acabarán. Debido a estas situaciones apremiantes, es necesario divisar nuevas formas de producción y aprovechamiento de la energía. Es decir, que es necesario y encontrar nuevas soluciones basadas en los criterios benéficos para la sociedad y para el ambiente, pero que al mismo tiempo respondan la necesidad creciente de energía.

Es patente que la mayoría de los candidatos para participar en estos cambios están en las nuevas generaciones de jóvenes. La situación de detrimento ecológico es seria y apremiante, por lo que las universidades deben responder consecuentemente al revisar sus planes de estudio y el enfoque de su formación académica. Lo que se discute en este capítulo puede ser parte de las bases formativas de los tecnólogos. Tal vez más que nunca se deba analizar y ajustar, de base, la formación y la calidad de los estudiantes en cuanto a los aspectos centrales que aborda esta tesis y abriendo más oportunidad a aquellos estudiantes que busquen una profesión de corazón. También se sugiere la incorporación en los planes de estudio de elementos que cultiven la imaginación, estimulen la curiosidad, el pensamiento y hagan completo honor a la diversión, pues qué mejor que un profesional creativo, de mente abierta y que pueda divertirse con lo que hace. Más que nunca se necesitan pensadores que inventen nuevas soluciones, que abran brecha, que cambien la dirección socavante en la que nuestros “adelantos” tecnológicos nos han llevado. Bien se apunta coloquialmente: Si se desean resultados diferentes, hay que hacer cosas diferentes. ¡Qué mejor lugar para empezar que por la base!

Elección profesional

A nivel licenciatura el alumno realiza una elección libre para encaminar su presente al futuro de su elección, pero, ¿se puede hablar de una elección en verdad libre?

La tendencia notable en estos días en la elección de las carreras que ofrecen las universidades, se inclina cada vez más por las profesiones que son mejor remuneradas desde un inicio en el campo laboral; así, se empieza a ver que los estudiantes eligen el

inicio de su camino profesional en base a sus aspiraciones económicas y no a sus aspiraciones intelectuales o espirituales; de hecho, también podría aproximarse que sus aspiraciones intelectuales y espirituales se han convertido solamente en aspiraciones de superación económica.

A continuación, para entender mejor la situación que enfrenta un aspirante a licenciatura, se hablará más a fondo el contexto que rodea a la elección de carrera.

Desde inicios de la época industrial se ha vivido un desarrollo aparentemente ilimitado; desde entonces se han roto paradigmas en muchas ramas de la ciencia, y los adelantos tecnológicos del siglo XX han infundido todavía más confianza a esta noción.

Fundada sobre este desarrollo industrial ilimitado, está la promesa de felicidad que el mundo occidental nos ofrece a unos pasos de la cuna, una felicidad basada en la prosperidad material que posibilite la satisfacción de cualquier deseo que asalte al ser humano. Al principio, la intención aparente era hacer esta promesa extensiva a toda la humanidad, pero la verdad se conoce por todos como la contraria.

Pero esta promesa de felicidad ha sido evidenciada ya como errónea, hecho que apunta Fromm⁸²; y continúa diciendo que se ha probado que la satisfacción ilimitada de los deseos no lleva a la felicidad; a la luz de la reflexión se puede concluir que bajo este esquema de felicidad no se es libre, que se es un engranaje de una gran máquina burocrática y que los deseos, sueños y sentimientos son manipulados por el medio y los grupos circundantes.

Como establece la frase, “La riqueza no trae la felicidad, pero cómo ayuda a ser feliz”, es claro que no se puede imaginar la búsqueda de un estado de felicidad, si antes no se ha encontrado o procurado una base que satisfaga las necesidades básicas enraizadas en la naturaleza del ser humano. En este sentido la prosperidad material, en definitiva, ayuda a la búsqueda de algo sublime como la felicidad; en términos llanos, si un hombre poco tiene que comer, poco le va a preocupar procurarse tiempo para realizar actividades que le den

⁸² Fromm, Erich. *¿Tener o Ser?* p. 22

una satisfacción supraterrrenal. Las dos premisas, de la frase citada arriba, merecen reconocimiento de veracidad; sin embargo, hay que cuidar el dejar que la segunda se tome como elemento justificador y expiator del embotamiento material y del establecimiento de morada en la codicia, porque la prosperidad material no debe ser la principal razón para elegir una carrera; aquel joven que escoge una carrera principalmente para escalar su estatus económico y social, está actuando consecuentemente con las pautas establecidas por la sociedad, pero, ¿dónde queda él en esta decisión?, se ha reducido entonces a un conjunto de causas y efectos condicionados por una serie de reglas establecidas por grupos ajenos. Se centra la ambición en símbolos míticos de felicidad.

La razón por la cual se debiera escoger una carrera debe responder a un llamado interior, una inquietud despertada por un deseo de SER, de afirmar la identidad de aquel ser humano que hace uso de su libertad para conducirse en el mundo, porque tiene el anhelo de que los conocimientos que brinde tal o cual carrera formen parte de él y de su sistema de pensamiento, y que con esos conocimientos pueda desempeñar una labor profesional por el deseo de elevar el conocimiento que ha interiorizado y personalizado a un plano de aplicación. La decisión debe ser tomada porque un interés genuino producirá un esfuerzo activo y libre, para alcanzar la meta de ser un estudioso de una materia en específico, durante cierto periodo de tiempo. La persona que busca un camino profesional por esta razón, estará impulsada a desarrollar su profesión por una inquietud germinadora, mucho más que por la remuneración económica o el reconocimiento social. Por otro lado, aquel que escoge una carrera por el mero interés económico, puede ser propenso a venderse como profesional y podría estar a merced del mejor postor; lo que levanta la siguiente pregunta: ¿qué tan genuino sería su compromiso con la línea de trabajo y últimamente con la sociedad?, si desde el comienzo de su carrera ha puesto en primer lugar el interés económico, no el profesional y personal.

A nivel del aula, el caso puede ser análogo: el alumno que escoge estudiar una licenciatura por el gusto y el interés que siente por ella, se puede asumir que es un estudiante más propenso a la integridad profesional que aquel que la escoge por el mero interés de recoger al final un título que le ofrezca un posicionamiento social.

A final de cuentas el desarrollo tecnológico y científico será más congruente y consistente si está formado por aquellos profesionales que creen en el campo de estudio y aplicación de su carrera.

Dentro de las aulas

Aunque los planes de estudio estén actualizados con respecto a su contenido, la estructura de la enseñanza es antigua. Se puede pensar, como ideal, que hoy en día se deba buscar, que la actitud del estudiante sea activa respecto a la mayoría de sus materias y que la información se le presente de una manera tal que tanto conocimiento como alumno sean acercados constantemente. El esquema ideal es aquel donde el alumno se interesa en el conocimiento; la información que se le suministra en el salón de clase, si es bien asimilada, pasa a formar parte de su forma de pensar, transforma la información en conocimiento y ese conocimiento lo transforma a él. Hace falta despertar el interés en el alumno para acercarlo al conocimiento de una manera vehemente y que así pueda verter su entusiasmo sobre el campo del saber de su preferencia y que, en años subsecuentes, desarrolle una carrera. Ese interés implica un esfuerzo activo, esto es, involucrarse con el objeto de interés para lograr un conocimiento.

Este tipo de alumnos que aprenden a pensar por sí mismos, que han desarrollado una sensibilidad hacia sus aptitudes y hacia los alcances que tiene la generación y utilización del conocimiento, son aquellos que pueden volcarse mejor sobre las cuestiones apremiantes en los ámbitos de aplicación; son este tipo de profesionistas los que pueden ver más allá de las ambiciones mundanas de uno o varios grupos, para poder llevar un desarrollo éticamente consciente, apoyado en la generación y utilización correcta del conocimiento aplicado. Son dichos seres humanos los que pueden ver los medios como fines en sí mismos.

Esta forma de aplicar el conocimiento y responder al mundo externo es más eficaz, pues funciona a manera de semilla para germinar la originalidad. La originalidad está ligada a la independencia y la versatilidad. Las ventajas de utilizar una solución que ha sido pensada específicamente para un contexto de un país en una región tropical, como México, son

mayores que las que implica el adaptar un modelo de solución de un país con condiciones totalmente diferentes, pues la segunda forma de actuar semeja más un plan que tiene que ser aplicado con enmendaduras, recortes y jalones, suena más como usar goma de mascar para enmendar lo roto, que no deja de ser una solución práctica pero que raya en la indolencia. Ya decía Einstein: “Se debe hacer todo tan sencillo como sea posible, pero no más sencillo”.

En suma, debemos utilizar una nueva metodología que exalte lo expuesto aquí, que fomente el respeto del estudiante por el conocimiento y por su medio y que luche también por la libertad y la fertilidad del pensamiento.

Podemos redondear las cuestiones de este capítulo como sigue:

1. El movimiento hacia la transición esperada para rearmonizar la tecnología con el planeta también debe partir desde las aulas, al ser una ideología asentada e impulsada desde las universidades.
2. Para que el primer punto sea efectivo y tenga trascendencia, los estudiantes, futuros profesionales, deben estar comprometidos con su carrera y su vocación. Esto se puede lograr al asegurarse que las universidades incluyan a aquellos que muestren la mejor disposición a la integridad profesional, compromiso vocacional, con la sociedad y con el medio.
3. Las nuevas soluciones sustentables a desarrollar podrían llegar más rápido si más profesionales se volcaran sobre la cuestión, pero la efectividad no se dará tan sólo con cantidad sino también con calidad. Esa calidad bien puede estar consolidada por las cualidades de aquellos practicantes curiosos, inquietos, cuya imaginación responda irreverentemente a los paradigmas de hoy. Y mucho se puede avanzar formando “inventores” que con una gran sensibilidad y respeto del mundo eleven sus aptitudes para generar nuevas soluciones.

Perspectivas y comentarios finales

A lo largo de este trabajo se puede ver que la tecnología está entrelazada en el devenir humano. No hay una manera de lograr un cambio radical que no presente consecuencias cataclísmicas. El cambio hacia la sustentabilidad, en cuanto a la tecnología se trata, no se logrará en un día, ni en un mes ni en un año. Tal vez nos tome varias generaciones. Pero para lograr la sustentabilidad hay que lograr una incorporación en la sociedad de los valores que le dan forma. Se puede concluir que ese es el proyecto a largo plazo más importante de la sustentabilidad, tenemos que lograr que estos valores cobren en la sociedad una relevancia similar a la que se le atribuye a la virgen de Guadalupe, por ejemplo. Se necesita fomentar un respeto profundo a nuestro planeta, a la madre tierra (representada en la religión como la virgen, la madre). Es un cambio de mentalidad que trasciende las rejas de las instituciones de ingeniería, de otra manera no sería factible. Y es medular porque los valores que propongo para la sustentabilidad: cuidado, respeto, responsabilidad y conocimiento, son los elementos básicos que componen la actividad del amor de acuerdo con Erich Fromm, pues es contundente que en la medida en la que nos tratamos a nosotros, tratamos a los demás, y en esa medida tratamos a nuestro ambiente. Por esa razón no sólo es un apego “chancludo” a la naturaleza al estilo hippie, pues tiene que ver con el amor propio. La manera en la que nos expresamos los ingenieros es la tecnología y esa expresión toma la medida de nosotros como personas.

Es innegable que estamos vivos porque el planeta nos ha dado las condiciones propicias, y nuestra relación con el planeta es simbiótica. Para redondear diremos que el cambio es eminentemente de mentalidad: alejarnos del derroche y ajustarnos a la medida a través del conocimiento y el respeto. Hacernos cargo de nuestra huella tecnológica implica responsabilidad y la conservación de lo esencial para la supervivencia implica cuidado.

La sustentabilidad tiene que ser redituable y mercadeable. Debe ser atractiva en el sentido de que implique el mejoramiento, conservación y expansión de las condiciones de vida digna y confortable; además, tiene que ser rentable. La sustentabilidad es un proyecto de proyectos, cuya rentabilidad puede juzgarse poco atractiva por ser a largo plazo. Pero esa ansiedad se puede curar con ayuda del cambio de mentalidad y divisando estrategias económicas como exenciones de impuestos, incentivos económicos, créditos especiales, etc.

Es momento de volver a plantear los medios y objetivos que el afán tecnológico ha de perseguir en los años por venir. La tecnología es un fenómeno entretejido en la tela socio-económica que forma el mundo moderno (industrializado, occidentalizado, globalizado, etc.). Forma parte de nuestras vidas a diario en los niveles más básicos. Ha sido herramienta fundamental para dominar las formas de energía. El replanteamiento de los medios y objetivos de la tecnología debe ir a la par, y de acuerdo con el replanteamiento de las costumbres de la sociedad y de los valores que alientan su desarrollo, porque la técnica es una expresión del ser humano y el hombre se define por lo que hace. En ese replanteamiento ,debemos considerar cualquier forma de daño hacia la naturaleza como un acto despreciable y de desprecio hacia la raza humana. Y el ser humano que, a sabiendas, lo inflinge es un ser que primordialmente se desprecia a sí mismo. Basta con apuntar lo que dijo Protágoras: “El hombre es la medida de todas las cosas.”

En medio de esta reflexión hay que recalcar que el ser humano es un ser perfectible. Un ser que se encuentra en un estado constante de evolución, y la vida lo invita a ello. Porque la elección de tomar un camino hacia lugares más elevados es, en últimas instancias, una elección libre. Al final del día los errores sirven para aprender. El camino errado no tiene otro propósito que el de enseñarnos que es el camino errado a la luz del camino correcto.

No es posible tomar en nuestras manos la elección de los demás pero sí podemos señalar el camino a seguir y seguirlo.

Podemos confiar en que la técnica es nuestro caballo de trabajo y si en momentos pasados lo hemos guiado por el camino errado, ahora lo podemos encaminar por el camino de la convivencia armoniosa.

Hoy hay ejemplos de tecnologías prometedoras que seguramente contribuirán a la transición a un futuro viable. Existe un nuevo sistema que se está integrando a las redes de distribución de energía para eficientarlas. En Gran Bretaña se piensa que será una buena herramienta para lograr las metas de reducción de carbono para 2020 y 2050. Estos sistemas llamados *smart grids*, ayudan a mejorar la distribución eléctrica en función de la intermitencia de las fuentes renovables, lo cual ayuda a hacerlas más viables y rentables. También proporciona otros beneficios, entre ellos, el ahorro de infraestructura y el mejor aprovechamiento de la energía producida.

Otro desarrollo sorprendente y prometedor es un descubrimiento de los científicos Daniel Nocera y Mathew Kanan, quienes han desarrollado un sistema inspirado en la fotosíntesis y que consiste en una catálisis que permite separar el oxígeno y el hidrógeno del agua. El proceso se pone en marcha con una pequeña cantidad de energía eléctrica proveniente de un panel fotovoltaico o de una turbina eólica. Posteriormente el oxígeno y el hidrógeno se recombinan, formando agua, dentro de una celda de combustible que produce suficiente electricidad para mover un auto o alimentar una casa. No se emite carbono en el proceso. La catálisis es fácil de implementar con materiales básicos, pH neutro y temperatura ambiente. En la actualidad, el proyecto sigue en desarrollo⁸³.

Con innovaciones como éstas nos damos cuenta que el camino hacia tecnologías que hagan la transición posible, que sean limpias, renovables, rentables y que rompan la dependencia de los combustibles fósiles apenas comienza a ser allanado.

⁸³ Pinto Vaz José. *Major discovery' from MIT primed to unleash solar revolution*. Fuente: <http://www.wattwatt.com/pulses/306/major-discovery-from-mit-primed-to-unleash-solar-revolution/> Consultado Enero 2011

Para recapitular y cerrar haremos los siguientes comentarios en cuanto a cada tema tocado en este trabajo:

En cuanto a la energía nuclear, podemos ver que es una tecnología madura, conocida y hasta cierto punto dominada, pero hay que tomar en cuenta que pocos esfuerzos tecnológicos estarán libres de accidentes y errores. También hay que notar que el impacto de la actividad humana en su medio es inevitable dada la proporción de la población mundial. Pero ¿realmente constituye la explotación nuclear una respuesta sustentable al reto de la generación energética? Es una tecnología complicada en la que existen riesgos ambientales y a la salud que no han sido resueltos hoy por hoy, como lo es el almacenaje y disposición final de desechos radiactivos.

La energía nuclear tiene aspectos positivos y negativos, ya expuestos en este y muchos otros trabajos. Entre los negativos hay que notar que la disposición final de los desechos radiactivos no ha sido resuelta a la fecha de una manera terminante. Las discusiones en torno al tema siguen existiendo y se continúa investigando una solución; la comunidad científica nuclear está confiada de los adelantos tecnológicos en desarrollo y los adelantos que todavía no existen podrían resolver el problema; sin embargo, estas investigaciones requieren inversión de tiempo y dinero.

Las cuestiones más sonantes son: ¿Estamos dispuestos a apostar fuertemente por una tecnología que carga y genera riesgos, aunque se planea resolver estos riesgos en un futuro no muy lejano a costa de inversión y tiempo? Aunque la tecnología nuclear nos puede dar la respuesta necesaria para dejar la dependencia de los combustibles fósiles, hay que sopesar concienzudamente qué tan alejada está la una de la otra en cuanto a generación de daños se refiere. Al hacer esto hay que tomar en cuenta que el basar una decisión en parámetros que miden los daños en forma de pérdida monetaria, mientras se habla de sustentabilidad, nos puede llevar al uso de la moneda del cinismo pues, ¿cómo ponerle precio a la desaparición de una población, el envenenamiento del agua o de un ecosistema circundante a las instalaciones involucradas con la explotación nuclear, o la extinción de una especie endémica? Ponerle precio a desastres así y querer valorar la vida en términos de centavos más o centavos menos, es una actitud que solapa en mayor o

menor medida las tendencias actuales, que nos han traído al punto decadente en el que se encuentra la humanidad en su relación con el medio.

* * * *

En cuanto a las energías renovables, en las cuales se encuentra la tecnología de aprovechamiento solar, es relevante apuntar que para lograr un avance más rápido o más contundente, las acciones relacionadas con ellas y con la sustentabilidad que las enmarca deben estar impulsadas y apoyadas por un marco legal que derive en normas y requerimientos. El esfuerzo por la transición hacia energías renovables en este país se ha gestado con fuerza en las comunidades académicas, y debe trascender hacia la normatividad impuesta y vigilada por el estado y hacia la iniciativa privada. La sustentabilidad, lejos de ser una usanza “bien vista”, debe ser una forma de desarrollo adoptada medularmente por la sociedad, porque de lo contrario puede caer en la manipulación de los intereses de lucro y corre el riesgo de volverse una efímera moda de principios de siglo, una leyenda mercadeable, un esfuerzo a medias que se hace en pos de “quedar bien”. Pero dejemos claro que la sustentabilidad no puede darse si no se sube al tren de la economía, si no responde a las necesidades del mercado; en pocas palabras, la sustentabilidad debe ser *per se* rentable y al trascender necesariamente desde las ONG's, Estado y Universidades a las empresas privadas, debe ser redituable y lo es. Aunque la redituabilidad de un proyecto de sustentabilidad no debe ser la única base sobre la que se emprenda éste.

Otro aspecto que debe cuidarse es que el concepto de sustentabilidad caiga víctima del *marketing* y se aborde superficialmente como mera “usanza bien vista”, empresas de esa índole habrán de ser aristas de la hipocresía de unos y negligencia de otros, que solape esfuerzos vanagloriosos, que a la larga pueden resultar en soluciones a medias con perjuicios a la sociedad y al ambiente. Para evitar esto, también se debe impulsar una ampliación de conciencia en la sociedad, que es un cambio gradual porque es un proceso informativo-formativo, y como todos los procesos de esta naturaleza, tarda en gestar por estar relacionado con el carácter de las personas.

Podemos derivar que emprender “la sustentabilidad por la sustentabilidad” se contrapone a la definición de sustentabilidad. Como este esfuerzo implica en muchos casos, una

transición o un cambio debe ser manejado con cautela, tomando en cuenta que existe presión que no debe llegar al intento frenético por lograr ahorros, contaminar menos, mejorar la imagen de una organización, crear fuentes de empleo, divisar métodos que sean amigables con los ecosistemas, tomar medidas que protejan a la población en caso de desastre, prevenir escasez de recursos, uso racional, reciclaje, reuso, reducción, etc.. El mejoramiento ambiental y estos virajes deben ser tomados con mucho cuidado porque no sólo implica en algunos casos la implantación de tecnologías nacientes, sino también toca el modo de vida y las costumbres de un grupo o comunidad y, consecuentemente, la estabilidad económica local. Entonces la transición energética se debe realizar minuciosamente prestando observación continua a los resultados. Por ello, más que nunca, se necesita la intervención de la comunidad científica y académica para gestar la transición; pues es el destacamento de hombres curiosos (científicos) que buscarán plantear las preguntas adecuadas, ya que la pregunta es antecedente de cualquier respuesta. En una empresa como ésta, el proceso de planeación debe ser parecido al de casi cualquier proyecto de ingeniería: tomar una necesidad y encontrar una manera de subsanarla, pero con el carácter sustentable se vuelve necesario responder con rigor ético a lineamientos ambientales, sociales y económicos.

* * * *

Se necesitan profesionistas o pensadores que sean capaces de divisar soluciones adaptables y comprensivas al medio. La mayoría de los problemas que atañen a un ingeniero, necesitan soluciones genuinamente sustentables. Para ello, lo mejor es contar con personas que entiendan o tengan la facilidad para entender los efectos circundantes a las problemáticas que se dedicará a solucionar; se necesita alguien con la creatividad y visión necesaria para divisar rutas y planes de solución sensibles a las necesidades sociales. Se puede entrever que ese profesionista debe ser alguien que conozca el país y su contexto socio-económico, pero, más importantemente, alguien que tenga la flexibilidad de mente para poder crear soluciones adaptativas.

Es evidente que el proceso de formación de un científico no empieza en el salón de clases; en la mayoría de los casos empieza en su vida cotidiana, cuando descubre las inquietudes de encontrar explicación a los fenómenos que suceden a su alrededor, y para el tecnólogo la manera de encontrar algún aprovechamiento. El anhelo de ser ingeniero,

físico, investigador o cualquier otra profesión es en esencia un llamado interior y la actividad como ingeniero, científico, tecnólogo, debe ser una consolidación de la expresión de su ser.

* * * *

Para redondear el tema de la ética y la tecnología, basten las sencillas reflexiones a continuación:

*Sólo después que el último árbol haya sido cortado,
Sólo después que el último río haya sido envenenado,
Sólo después que el último pez haya sido pescado,
Sólo entonces descubrirán que el dinero no se puede comer.*

Profecía de los indios Cree

Modern technology

Owes ecology

An apology.⁸⁴

Alan M. Eddison

*Si continuamos desarrollando nuestra tecnología sin sabiduría o prudencia,
nuestro sirviente puede tornarse nuestro verdugo.*

Omar Bradley

La fábrica del futuro sólo tendrá dos empleados, un hombre y un perro. El hombre alimentará al perro. El perro estará ahí para evitar que el hombre toque la maquinaria.

Warren G. Bennis

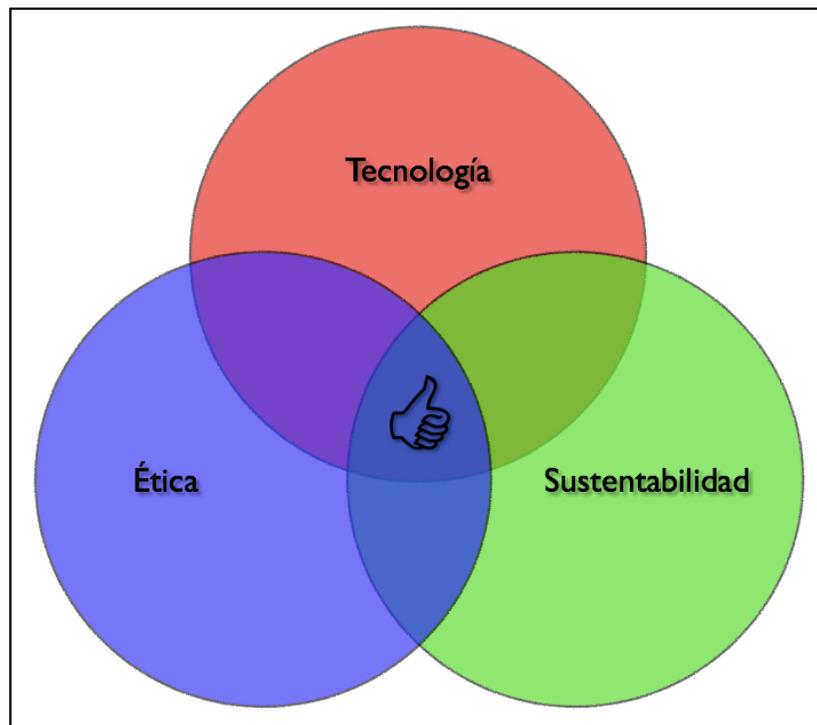
Un ser humano es parte de un todo, llamado por nosotros universo, una parte limitada en el tiempo y el espacio. Se experimenta a sí mismo, sus pensamientos y sentimientos como algo separado del resto... algo así como una ilusión óptica de su conciencia. Esta falsa ilusión es para nosotros como una prisión que nos restringe a nuestros deseos personales y al afecto que profesamos a las pocas personas que nos rodean. Nuestra tarea debe ser

⁸⁴ La tecnología moderna, le debe una disculpa a la ecología. (La frase en inglés es una rima por lo que la traducción se anota aquí).

el liberarnos de esta cárcel ampliando nuestro círculo de compasión para abarcar a todas las criaturas vivas y a la naturaleza en conjunto en toda su belleza.

Albert Einstein

Esperamos que con el panorama reflexivo que es esta tesis se haya consolidado la idea de que debe haber una relación entre la ética la sustentabilidad y la tecnología. Como se ilustra en el siguiente diagrama:



Y que la combinación de estos tres campos debe estar presente en cualquier esfuerzo relacionado con la ingeniería, empezando por la formación de ingenieros, trascendiendo hasta la ejecución de proyectos en el campo laboral.

Bibliografía y hemerografía

Fernandez-Garcia, A, *et al. Parabolic-trough solar collectors and their applications*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 7, September 2010, Pages 1695-1721. Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VMY-4YNB5Y6-1/2/4d08164712600a08866a2a0f782bafa8>

Kribus, Abraham, *et al. A miniature concentrating photovoltaic and thermal system*, Energy Conversion and Management, Volume 47, Issue 20, Heat Transfer in Components and Systems for Sustainable Energy Technologies: Heat-SET 2005, 5-7 April 2005, Grenoble, France, December 2006, Pages 3582-3590. Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2P-4JRKCNR-4/2/c11add43e1c71ed6d7c7bf4426c0eb5f>

AMC, Academia Mexicana de Ciencias, AI Academia de Ingeniería, UNAM. *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Academia Mexicana de Ciencias, México D.F., 2010.

Audouze, Jean. *The Ethics of Energy*. Scientific Group on the Ethics of Energy. UNESCO Paris, 1997. Extraído de: www.unesco.org

CFE. *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2009-2018*, Comisión Federal de Electricidad (CFE). México D.F., 2009.

Vallentin, Daniel, Viebahn, Peter. *Economic opportunities resulting from a global deployment of concentrated solar power (CSP) technologies--The example of German technology providers*, Energy Policy, Volume 38, Issue 8, August 2010, Pages 4467-4478. Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-4YYWRWT-1/2/d3feaa451ab45649ecb97b33e8af11de>

ECCAP. Work Group 12, *Draft Report: Ethics of Nuclear Energy Technology*. Draft 3, UNESCO, Bangkok, Noviembre 2009.

Estrada Sarti, Guillermo José. *Análisis Jerárquico para la toma de decisión en la planeación de la capacidad de generación eléctrica en México a largo plazo*. Tesis de Posgrado, Facultad de Ingeniería UNAM. México D.F., 2010.

Fernández, R. *et al. La nucleoelectricidad una oportunidad para México (Reporte Corto)*, Academia de Ingeniería. México D.F., 2009.

Fromm, Erich. *¿Tener o Ser?* Fondo de Cultura Económica. México D.F., 1975.

_____. *El arte de amar*. Paidós. México D.F., 2007.

Greenpeace. *Nuclear Power: a dangerous waste of time*. Greenpeace International, Amsterdam 2009. Extraído de: www.greenpeace.org

Hauser-Kastenbergl, Gloria, *et. al.* "Towards Emergent Ethical Action and the Culture of Engineering" en *Science and Engineering Ethics*, Volume 9, Issue 3, 2003

Hiriart Lebert, Gerardo. "Reflexión sobre las energías renovables en México" en *Ingeniería Civil*, N° 503, Marzo 2011 pp. 25

International Energy Outlook 2010. U.S. Energy Information Administration, Washington D.C. July 2010.

Larsen, Kari. *The power of the concentrated sun*, Renewable Energy Focus, Volume 11, Issue 3, May-June 2010, Pages 54-57, ISSN 1755-0084, Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008410700697>

Kimmins, James Peter; Lord, Marcia. *The Ethics of energy: a framework for action*. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. UNESCO Paris, 2001. Extraído de: www.unesco.org

Clausse, M, *et al.* *Residential air conditioning and heating by means of enhanced solar collectors coupled to an adsorption system*, Solar Energy, Volume 82, Issue 10, October 2008, Pages 885-892, ISSN 0038-092X, DOI: 10.1016/j.solener.2008.04.001. Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V50-4SD1B9X-1/2/6b8b5f3d5fa477a355f163871668a444>

Mitcham, Carl. *Thinking through technology: the path between Engineering and Philosophy*. The University of Chicago Press. Chicago, 1994.

Reséndiz Daniel. *El Rompecabezas de la Ingeniería*. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 2008

Rosell, Alejandro. "Solar Decathlon Madrid 2010" en *Photon: La revista de fotovoltaica*, N° 8, Madrid, Agosto 2010. pp. 84-95

SIEMENS. "Lastest Steam Turbine Technology for Solar Power Plant in Spain". En *Venture Magazine*. Erlangen, Diciembre 2009. Extraído de: www.energy.siemens.com

_____. *Securing the Future with the Power of the Sun: Concentrated solar power technology for sustainable power generation*. SIEMENS AG, Energy Sector. Erlangen, 2010. Extraído de: www.energy.siemens.com

_____. *Steam Turbines for CSP Plants* SIEMENS AG, Energy Sector. Erlangen, 2010. Extraído de: www.energy.siemens.com

Singer, Peter. *How are we to live? Ethics in an age of self-interest*. Random House. Melbourne, 1993

_____. *Practical Ethics*. Cambridge University Press. New York, 1993.

Mesografía

American Institute of Physics
www.aip.org

Bloomberg
www.bloomberg.com

CNN International
www.edition.cnn.com

Comunidad de eficiencia energética
www.wattwatt.com/

Discovery Channel Latinoamérica
www.tudiscovery.org

Gobierno de Madhya Pradesh
www.mp.gov.in

Greenpeace
www.greenpeace.org

Infinia Corporation
www.infiniacorp.com

Infinia Corporation
www.infiniacorp.com

Massachusetts Institute of Technology
www.mitworld.mit.edu

Senado de la República
comunicacion.senado.gob.mx

Sitio Solar, Portal de Energías Renovables
www.sitiosolar.com

Solar Decathlon Europe http
www.sdeurope.org

SOPOGY
www.sopogy.com

Sydney Morning Herald
www.smh.com.au

The Earth Charter
www.earthcharterinaction.org

U.S. Energy Information Administration
www.eia.doe.gov

U.S. Environmental Protection Agency
www.epa.gov

U.S. Nuclear Regulatory Commission
www.nrc.gov

University of Colorado Boulder
www.colorado.edu

University of Oregon 21st. Century Science Lectures
abyss.uoregon.edu/~js/21st_century_science/

World Nuclear Association
world-nuclear.org/