

2009

Energía Sostenible

2009:

Antología de Lecturas del
Instituto Tropical de Energía,
Ambiente y Sociedad (ITEAS)

Vol. 2

Editado por
Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE



Energía Sostenible 2009:

Antología de Lecturas del Instituto
Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad
(ITEAS)
Vol. 2

Editado por
Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

JULIO 2010

Instituto Tropical de Energía Ambiente y Sociedad

Edificio Sánchez Hidalgo

Oficina SH-106-B

Recinto Universitario de Mayagüez-UPR

iteas@uprm.edu

Mensaje del Dr. José A. Colucci Ríos

Director del Centro de Investigación y Desarrollo Universidad de Puerto Rico en Mayagüez

El Instituto Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad (ITEAS) es parte importante del compromiso social del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPR. ITEAS tiene como Norte la energía sostenible para Puerto Rico, dentro de una visión integradora que busca y fomenta la unión de diversas perspectivas y disciplinas dentro de la filosofía de sostenibilidad. Ya no son aceptables, y nunca han sido sostenibles, los esquemas tradicionales de generación centralizada, transportación individual versus colectiva, dependencia adictiva al petróleo, el uso y abuso de nuestros recursos naturales. Las buenas noticias es que existen diversos grupos serios en la Isla, como ITEAS, dispuestos a colaborar por encontrar aquellas alternativas energéticas que sean verdaderamente sostenibles.

Ante el alza de los costos energéticos a nivel mundial, diversos sectores de Puerto Rico buscan la manera de ahorrar en sus gastos energéticos. Los retos energéticos no son sólo económicos, sino también sociales y ambientales. Por esto es vital y urgente que todos los sectores de la sociedad ejerzan cautela al momento de evaluar entre las diversas opciones que existen para enfrentar el aumento en los costos energéticos. Cada proyecto de energía renovable se convierte en un portaestandarte, que puede mostrar tanto aspectos positivos como negativos de la tecnología. Por esto, deben minimizarse aquellas áreas que hacen de cualquier proyecto renovable uno con resultados netos negativos, sean tecnológicos, ambientales, sociales o económicos.

ITEAS, en sus poco más de 3 años de existencia, ha aportado a la discusión de la dimensión de sostenibilidad de las políticas públicas energéticas, además de aportar varios proyectos de investigación y de demostración a través de los investigadores integrantes del Instituto. ITEAS le presenta a la Isla, en esta Antología de Lectura (volumen 2), trabajos e ideas que buscan fomentar el diálogo amplio e inclusivo que necesitamos para movernos en una dirección energética sostenible.

José A. Colucci Ríos, PhD, PE
2009 EPA Region II Environmental Quality Award Recipient
Julio 2010

Contenido

Introducción.....	9
Study on Community Perception and Attitudes about the Location of a Pilot Windfarm Project in Vieques: Recommendations for Effective Community Participation	11
Achievable Renewable Energy Targets for Puerto Rico’s Renewable Energy Portfolio Standard.....	16
¿Cuál Será el Futuro de la Energía Eléctrica de Puerto Rico?	28
Comentarios acerca de Tecnologías de Energía Renovable	32
La Paradoja Energética y Nuestro Estilo de Vida	35
Una Junta Fiscalizadora de Servicios para la AEE	40
Determining Realistic Photovoltaic Generation Targets in an Isolated Power System	42
Crónica de una Muerte Energética Anunciada - Parte I: 1941-1990	54
Crónica de una Muerte Energética Anunciada - Parte II: 1990-2008	57
Crónica de un Renacer Energético Soñado	59
CAPECO y Nuestra Dependencia del Petróleo	62
Se Acaba el Petróleo Barato	64
Social Acceptance to the Installation of Wind Turbines in Bacardí, Cataño PR..	66

Comentarios acerca del Informe del Oficial Examinador de las Vistas Públicas de la AEE “Consideración de los Estándares del EISA 2007: Integrated Resource Planning, Rate Design Modifications to Promote Energy Efficiency Investments, Consideration of Smart Grid Investments and Smart Grid Information”	68
La Sostenibilidad Energética y la Ética: Hacia una Política Pública Energética Efectiva para Puerto Rico	78
COMUNICADO DE PRENSA Mesa de Diálogo del Sistema Eléctrico de Puerto Rico	103
Colaboradores/as.....	105

Introducción

Dr. Iván Baigés Valentín

Director, Instituto Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad (ITEAS)

A fines del año 2009 se presentó en conferencia de prensa el 7 de diciembre la Mesa de Diálogo del Sistema Eléctrico de Puerto Rico (<http://iteas.uprm.edu/mesa>). Este esfuerzo comenzó como un proyecto de política pública de ITEAS que se convirtió en un espacio importante de encuentro y discusión multi-sectorial acerca del futuro de la energía eléctrica en Puerto Rico. Durante el 2009 ITEAS además estuvo presente en diversos foros, publicamos artículos y columnas, y sometió ponencias en vistas públicas de proyectos de ley y reglamentos relacionados a energía, ambiente y sociedad. Los investigadores asociados a ITEAS aportaron significativamente a adelantar una agenda de futuro sostenible para Puerto Rico al presentar informes sobre el potencial de energía renovable en la Isla, al igual que el grado de aceptación social de estas tecnologías entre las comunidades. Cumplimos así la misión del Instituto Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad (ITEAS) de mantener relevante la discusión sobre nuestro futuro energético, entendiendo que el reto es uno de carácter social que requiere el encuentro y debate entre las perspectivas y pensamientos de diversos sectores. Para esto ITEAS desarrolla actividades interdisciplinarias de educación, investigación y transferencia de tecnología que resulten en un nuevo paradigma energético, partiendo de la interacción entre disciplinas y sectores tradicionalmente separados.

La interacción con diversos sectores dentro y fuera del Recinto de Mayagüez de la UPR, ITEAS logró además evolucionar en su acercamiento a la sostenibilidad como principio para atender el dilema energético de Puerto Rico. Además de buscar balancear y considerar aspectos técnicos, económicos, sociales, éticos y ambientales de la energía, entendemos vital enmarcar esa búsqueda dentro de los límites que impone las leyes naturales y físicas, además de la importancia de centrar esa búsqueda en unos valores y principios éticos mínimos.

La presente antología de lecturas es la segunda recopilación de escritos realizados por integrantes de ITEAS que fueron publicados durante el año 2009 por importantes

rotativos del país, presentados en vistas públicas o en conferencias. Entre los textos seleccionados se encuentran artículos publicados en *El Nuevo Día*, *Claridad*, en conferencias internacionales, la revista *ETHOS* de la Oficina de Ética Gubernamental, ponencias de nuestros integrantes en vistas públicas y resúmenes de trabajos de investigación. Esta selección está diseñada para que pueda ser utilizada en conjunto como un libro de texto o como lecturas individuales, pues cada escrito intenta integrar consideraciones éticas, ambientales, técnicas y sociales de la problemática energética de Puerto Rico.

Study on Community Perception and Attitudes about the Location of a Pilot Windfarm Project in Vieques: Recommendations for Effective Community Participation

Dr. Cecilio Ortiz García, Dr. Marla Pérez-Lugo & Dr. Iván Baigés

Executive Summary

Recent changes in Puerto Rico's energy policy environment have opened a window of opportunity for the development of renewable energy projects. Support for renewable technologies both on environmental (green energy) and economic (ending oil dependency) grounds is generally perceived as substantial in Puerto Rico. However, as exemplified by the literature on social acceptance of renewable energy technologies, implementation of renewable energy projects, wind energy projects in particular, has encountered strong opposition around the world.

In recognition of the financial, technological, environmental and political complexities involved in the siting renewable energy projects, and the substantial financial commitment such ventures entail, it becomes imperative for project developers to possess all relevant information necessary for their successful implementation. What are the most significant factors influencing the social acceptance of renewable energy projects? How do communities perceive such projects in their backyards? What strategies, processes and initiatives can assist in bringing communities and developers together to collaborate in the development of a renewable energy project? Applied social research, mainly on the social acceptance of renewable energy technologies can assist in answering these questions BEFORE the planning and design phases of a renewable energy project.

The main purpose of this study is to provide Aspenall Energies, LLC, with empirical data on community perception and attitudes regarding the location of a pilot wind project in Vieques, P.R. Based on the data compiled through triangulation, including the administration of a survey to 157 adults that live in the area surrounding the site and 10 in depth interviews with community leaders, this report describes the knowledge and attitudes regarding renewable technologies, including but not exclusive to eolic energy, among Viequenses. In addition, it identifies key topics and issues for the development of an environmental education project in Vieques.

Finally, it provides general suggestions on how to design and implement an effective community participation strategy in the island. Our results are summarized into the following twelve points.

1. There is low recognition of the term “renewable energy” among members of the community surrounding the proposed site. However, general recognition of solar and wind technologies were high.
2. Overall there is a positive attitude towards wind energy, in many ways comparable to solar energy. Both solar and wind technologies are perceived as the safest, environmentally friendliest and most viable for implementation of all alternative energy technologies.
3. Regarding public participation, the community would like to be involved throughout the whole decision-making process, and they would like to be informed of the plans as early as possible.
4. The developer and the Mayor of Vieques are perceived as responsible for informing the community. That communication is preferred to be in person or through the mail.
5. Public hearings and community meetings in community centers during the evenings seem to be the preferred channel for participation.
6. A need was expressed for receiving the meeting agenda in advance and access to relevant documents and independent experts to enhance public participation.
7. Most community leaders see the development of renewable energy technology in a relatively positive light. At the same time, they conceive a successful renewable/wind project in Vieques as one that integrates the input and needs of the community along with commercial interests.
8. Some of the main concerns/questions expressed by community leaders regarding the proposed wind project are:
 - a. What is in it for Vieques?
 - b. Why this particular equipment?
 - c. What are the equipment’s characteristics, particularly in sound and appearance?
 - d. Why was the proposed location chosen?
 - e. Who is the developer?
 - f. What would be the project’s environmental impact?

g. Is this project a means for energy independence, or would be still remain dependent on PREPA?

9. The sustainability of a renewable energy project in Vieques depends in part on its ability to insert itself on the actual organizational structure in the Viequense community. Therefore it becomes important to look at Viequense organizational structure and the policy networks that were created during “la lucha”. A number of organizations in Vieques are organized in small cooperatives and focus on a single policy issue such as the need for cultural preservation activities, recreation for the youth, the development of leadership skills among women, the betterment of health services, increase of economic opportunities for the locals, and the improvement of the marine transport system between Vieques and Fajardo.

10. The success of the project depends on how it addresses salient issues among the Viequense community. However, there are notable differences between the ranking of salient Vieques issues by main islanders and the ranking done by Viequenses. There seems to be an inversion of priorities with mainland perceptions of salient issues concentrating on environmental contamination and other issues related to the navy’s departure, while Viequenses are more concerned with issues related to their daily quality of life: the lack of real political representation of Vieques’ interests in state/mainland’s politics, monopoly over basic services such as food and gas, and land speculators driving up real-estate prices. Therefore, the issues that the project should address need to emanate from the community perspective instead of an outsider’s perception of Viequenses needs.

11. Regarding the variables associated to social acceptance, what the Viequenses enjoyed the most about their community was the visual landscape and the peacefulness of the area. This is a significant finding, as visual landscape issues have been found to be highly correlated to wind energy facility siting (Wolsnik, 2007).

12. Future mobilization around issues such as renewable energy in Vieques, will most likely rest on the organizational structures developed during the period of civil disobedience and protests against the Navy. Therefore, all cooperatives, citizen groups, non governmental organizations, etc. are essential stakeholders to be included in. However, their leadership appears to be highly fragmented and involved in interpersonal struggle.

In general, our data shows an overwhelming concern over the social and economic repercussions of the project rather than its more technical aspects such as the size and design of the wind turbines or the kilowatts per hour that are going to be produced. When we analyze responses on process and public participation we find the recurrent viewpoint that a desire for a high degree

of involvement in the early stages of planning and design was expressed. These results point to the overwhelming importance of process and outcomes dimensions of the project even over the more technical aspects (Wolsnik, et.al., 2007) By “process” we mean who develops and run the project, who is involved, and who influences the decisions made. By “outcome” we refer to how the positive and negative products of the project are distributed both socially and geographically. In other words, outcome relates to the question of who the project is for.

Based on these results ITEAS recommends the development and implementation of a Joint Community Education and Participation Strategy (JCEPS) using the following elements:

1. The positive attitudes towards wind energy expressed by sampled populations should be interpreted with caution given the documented gap between positive attitudes towards renewable energy (and even wind energy in general) and social acceptance of the implementation of a particular project on a particular site.
2. Community opposition to the establishment of the wind farm pilot project might be a result of contextual factors specific to Vieques rather than a lack of knowledge of wind energy (the phenomenon known as NIMBY). A lack of sensitivity to such concerns could prove fatal to the successful implementation.
3. Viequenses are more concerned with socio-economic-political issues related to their daily quality of life: the lack of real political representation of Vieques’s interests in state/mainland’s politics, monopoly over basic services such as food and gas, and land speculators driving up real estate prices, than with traditional environmental issues such as contamination and biodiversity. This finding aligns Viequenses’ interpretation of their relation to the environment with an environmental justice perspective. Environmental education should focus on clearly making the connection between the implementation of the wind energy project and societal issues Viequenses care about the most.
4. In general, a high degree of involvement in the early stages of planning and design is recommended. Our results point to the importance of process and outcomes dimensions of the project even over the more technical aspects. While formal communication should come mainly from the developer and the Mayor of Vieques, identification of trusted members of the community and capacity building of these individuals through activities such as workshops and collaborative planning sessions is highly recommended.
5. Public hearings and community meetings in community centers during the evenings seem to be the preferred channel for participation. A need was expressed for receiving the meeting agenda in advance and access to relevant documents and independent experts to enhance public participation.

6. Some effort should be invested into socializing the community members into the scientific and technical lingo of renewable energy. At the same time, participatory environmental education initiatives should focus on answering the questions about concrete aspects of the project itself posed by the participants, even when perceived as unrelated to wind energy.

7. Cooperative/citizen groups are essential stakeholders. These organizations have developed a high level of sophistication both in terms of their theoretical grounding and strategies for action and should be incorporated into any environmental education and participation efforts. Despite of having a lot of Anglo organizations in the island and their apparently positive attitudes towards renewable energy, we recommend caution in generalizing on this attitude to the island as a whole.

8. Segmentation when determining the design of a social acceptance campaign and the use of a participatory planning approach for this project is important. This serves the dual purpose of a strong educational tool and at the same time a booster for effective capacity building and public participation.

This study suggests that public participation and education strategies that focus on early involvement of community members into the design and planning stages of the proposed wind energy project, have the potential of enhancing the prospects of its successful implementation. That involvement could very well be structured through collaborative planning activities which integrate a strong educational component as participants learn from each others experience, and ensure feelings of participation in all stages of the project. The sense of ownership fostered by these activities will go a long way towards Aspenall's pilot wind project becoming a reality in Vieques.

Reference

Wolsink, M. (2007) Planning of renewable schemes: deliberative and fair decision-making on landscape instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy*, 35. Pp. 2692-2704.

Acknowledgments

This study was funded entirely by Aspenall Energies, LLC Inc. However, we would like to mention the collaboration of the Center for Applied Social Research and our research assistants Luis Echevarría, Alvaro Bernal, and the undergraduate students Juan Gutiérrez, Valerie Arroyo, and Mariana Arroyo from the Department of Social Sciences at UPRM.

Achievable Renewable Energy Targets for Puerto Rico's Renewable Energy Portfolio Standard

Dr. Agustín A. Irizarry-Rivera, P.E., Dr. José A. Colucci-Ríos, P.E.
& Dr. Efraín O'Neill-Carrillo, P.E.

Introduction

This document is an Executive Summary of the Final Report for a study sponsored by the Puerto Rico's Energy Affairs Administration. We have performed a preliminary but realistic estimate of each renewable energy resource, and related technologies, available in Puerto Rico for electricity production. These are; biomass - including waste-to-energy, micro hydro, ocean – in the form of waves, tides, currents and ocean thermal, solar radiation (to be used thru photovoltaic technology) and solar thermal, wind – to be exploited at the utility level (wind parks) as well as small wind. The estimate also includes a preliminary assessment on the use of fuel cell technology.

This estimate has been restricted using realistic constraints such as: estimated availability of the resource under consideration, estimated required surface area or “foot print”, seasonal cycles, state of available technology (commercial and prototype) and estimated capital costs.

This estimate provides the quantitative means to compare among renewable electricity production alternatives based on the amount of electricity that each resource may provide.

Also, a more realistic estimate for ocean, solar (photovoltaic) and wind resources has been done as requested by the Puerto Rico Energy Affairs Administration (PREAA). This estimate is based on the aforementioned criteria plus: weather effects, day/night cycles, state of available technology (commercial, prototype or laboratory available), costs such as capital investment (including retrofitting of existing facilities) and maintenance and operation, electric grid interconnection issues, and others as needed to realistically constrain the resource under investigation.

This estimate of renewable energy available in Puerto Rico for electricity production has been performed to provide guidance to those responsible of establishing an energy policy that ensures that a minimum amount of renewable energy is included in the portfolio of electricity resources serving Puerto Rico. Adequate targets, as a function of time, may be developed for example using a Renewable Energy Portfolio Standard (RPS). A RPS is

designed to increase the use of renewable energy for electricity production by requiring that a specified percentage of the electricity for the state be generated from renewable sources. Such requirements exist in various countries and states of the United States and a first step in establishing a RPS is the study described in this report.

Summary of results

The renewable energy resources we have studied have significant physical differences among themselves. For example biomass is measured in tons, with a great variety of heat content, while solar radiation is measured in Watts per square meter per year (W/m^2 per year). The variability, the change in availability with time, of these resources is also measured differently. Crops have different cycles (annual, semi-annual and such), the most obvious solar cycle is day to night while the wind changes randomly.

Due to the different nature of the resources the available technology for electricity production from them varies as well, including the fact that some of it is commercially available while other is at the prototype or laboratory level.

Thus these renewable energy resources and related technologies are intrinsically difficult to compare. In an attempt to compare them in this summary we have selected three parameters, namely; required surface area, or “footprint”, capital costs and potential electric energy contribution from each resource. The remaining parameters studied in this work, the estimated availability and variability of each resource and the state of the technologies used to harvest their energy, are more justly discussed in the following chapters of the report. Table 1 shows a summary of the results.

Table 1 Summary of required surface area, capital costs and potential electric energy contribution from each resource/technology.

Renewable resource/technology	Footprint estimate Installed capacity per unit area [MW/km ²]	Capital costs estimate Millions of US dollars per MW electric [M\$/MW]	Electric energy production estimate MWh per year if 10% of the resource is used to produce electricity [MWh/year@10%]	Comments
Wind (total)	-	-	2,977,052	14.4% of the 2006 electric energy demand ^a
• small	0.3 ^b	2.01	35,842 ^c	
• large inland	5 ^d	1.20	323,760 ^e	
• large offshore	5 ^d	2.00	2,617,450 ^f	
Ocean (total)			16,935,360	82.2% of the 2006 electric energy demand ^a
• OTEC	A 5 MW prototype, platform occupies 3660 m ² . See ^t	Unknown ^g	Unknown	
• waves/offshore attenuator (Pelamis)	37.5 ^h	8.3	16,394,560 ⁱ	
• waves/shore Oscillating Water Column (LIMPET)	25 MW/km ^j	3.5	540,800 ^k	LIMPET's facilities are about 7.5 m wide.
Solar (total)			3,900,000	
• photovoltaic	130	7.5 to 9.1 ^l	3,900,000	18.9% of the 2006 electric energy demand ^a
Biomass				
• agricultural	0.15 – 3.0 ^m	0.5 – 3.5 ⁿ	1,200,000 (traditional) – 24,000,000 (microalgae) ^o	5.8 to 116.5% of the 2006 electric energy demand ^a
• waste	1,000 – 1,500 ^p	1.0 – 5.0 ^q	~90,000 ^r	0.4% of the 2006 electric energy demand ^a

Table 1 (cont.) Summary of required surface area, capital costs and potential electric energy contribution from each resource/technology (cont.)

Renewable resource/technology	Footprint estimate Installed capacity per unit area [MW/km ²]	Capital costs estimate Millions of US dollars per MW electric [M\$/MW]	Electric energy production estimate MWh per year if 10% of the resource is used to produce electricity [MWh/year@10%]	Comments
Fuel cells	3,000 ^s	5.0 – 7.0	Unknown	Highly dependent on availability of Liquefied Natural Gas (LNG)
Micro hydro	240	4.0	2,628	0.01% of the 2006 electric energy demand ^a
Annual cumulative energy production, if 10% of wind, ocean waves and solar photovoltaic is used to produce electricity.	---	---	23,812,412	115.5% of the 2006 electric energy demand ^a
Annual energy production, if 10% of agricultural biomass, from microalgae, is used to produce electricity.	---	---	24,000,000	116.5% of the 2006 electric energy demand ^a
Annual energy production, if 10% of wind, ocean waves, solar photovoltaic and agricultural biomass, from microalgae, is used to produce electricity.	---	---	47,812,412	232% of the 2006 electric energy demand ^a

NOTES for Table 1

a. According to the “Banco de Desarrollo Económico de Puerto Rico” in 2006 Puerto Rico demanded 20,600,000 MWh of electricity.

b. For small wind turbines we use a very conservative estimate that each wind turbine will occupy approximately 20,000 m² (5 cuerdas/turbine) or 0.02 km² per turbine. Bornay Inclín 6000 turbines are chosen for the estimate.

NOTES for Table 1 (cont.)

- c. Energy production assumes Bornay Inclín 6000 wind turbines, or similar, at 25 m height and wind regime as measured in the southeast coast of Puerto Rico.
- d. Corresponds to a conservative separation of 10 rotor diameters in the direction of prevailing wind for large turbines. It is most important to note that at least 90 to 95% of the land use in a wind farm is available for agriculture or other uses.
- e. Energy production assumes Gamesa G58 wind turbines, or similar, at 50 m height and wind regime as measured in the southeast coast of Puerto Rico.
- f. Energy production assumes Fuhrlander FL2500 wind turbines, or similar, at 100 m height and wind regime as measured in the east coast of Puerto Rico.
- g. No reliable cost data is available to judge the economic feasibility of OTEC technology. Although the concept is well understood and the resource is available in Puerto Rico no one in the World has built a commercial OTEC plant.
- h. A 37.5 MW Pelamis array contains 50 devices in two kilometers long and half kilometer wide arrangement.
- i. Total north-west sea area is approximately 862 mi² (2241 km²), thus 10% is about 224 km². A single Pelamis device is estimated to produce about 1,463.8 MWh per year in the north-west sea of Puerto Rico.
- j. LIMPET facilities are about 7.5 m wide, thus we specify their footprint using MW per kilometer of length.
- k. Puerto Rico's north shore length is estimated at a length of 160 km, thus 10% is about 16 km. A 1 MW OWC plant is estimated to produce about 1,352 MWh per year assuming a 15% attenuation in wave power as it arrives to the shore.
- l. Assuming grid-connected, net metering systems without batteries. The lower estimate corresponds to systems where the owner is knowledgeable of electric systems and can do some of the design, purchase, installation and maintenance by him/herself. The economic analysis in Chapter 5 is done using the more conservative cost figure of 9.1 \$/W.
- m. Estimated for agricultural productivity of biofuels from ground soil crops (1,000 gallons/yr-ha) to microalgae (20,000 gallons/yr-ha). 12 kW/gal/hr was assumed for electricity generation.
- n. Only includes the agricultural and biofuel production investment. Power generation investment not included. Based on lignocellulose and microalgae biofuel production preliminary estimates at large capacity (> 10MGPY).
- o. 100,000 hectares (10% of PR) was used for the estimate.
- p. Based on Thermal Waste to Energy facilities footprint.
- q. The variability is based on the level of regulations that is required and the nature of the technology (from Incineration, Plasma to Gasification). More information is required.
- r. Only vegetation and organics were considered (3,731 tons/day) @ 10% of the resource.
- s. Based on Fuel Cell Energy DFC1500MA™ unit. Does not include Fuel Storage footprint if required (not piped in).
- t. The maximum number of adjacent OTEC platforms, thus their MW/km², will be restricted by the capacity of the sun to heat the discharged cold water and keep the required temperature gradient. The environmental effects of the discharge must be studied and could restrict the maximum number of adjacent OTEC platforms even further.

A comment on energy conservation and efficiency

This study did not cover the potential benefits of energy conservation and energy efficiency, particularly the use of residential solar thermal water heaters as immediate and economic alternatives to displace electric generation. These merit further study.

Comments on ocean energy technologies

Ocean waves have extraordinary potential. With close to 17,000,000 MWh of potential annual production (if we only use 10% of the available ocean space in the North West coast) this resource represents the largest, naturally produced, untapped energy resource for Puerto Rico.

Given the current development of these technologies *we recommend to perform pilot plant studies in Puerto Rico that includes actual ocean wave measurements and technology validation.*

Environmental, social and community concerns must be addressed in parallel with engineering developments for the sustainable use of ocean waves to produce electricity. Public policy, for licensing ocean space to harness its energy, must be developed.

Another important finding is that potential electric generation from ocean currents and tides, using currently available technology, is too small in comparison to wave energy and thus economically unfeasible.

Although Puerto Rico is considered by many to possess excellent potential for OTEC, many unknowns regarding the technical, ecological, economical and social viability of this technology are still to be addressed.

Groups currently proposing OTEC for Puerto Rico do not disclose their economic and financial estimates to maintain a commercial advantage over other proponents. It is not possible to make a reliable economic comparison with other technologies under this lack of available data.

OTEC is a potentially disrupting technology to the environment given the massive flows of sea water necessary to achieve megawatt levels of power generation. This includes piping (20–40 ft diameter), pumps, etc. Maintenance costs considering corrosion and bio-fouling must be estimated carefully and conservatively.

The social and community site specific impacts such as fishing, ocean recreational sports, and coastal tourism developments must also be discussed in detail.

Given these uncertainties and advanced level of development of other technologies, OTEC falls under a second tier type category. Note, however, that OTEC is considered a “baseload” alternative versus other renewable resources that are more variable in nature.

Comments on biomass

Another alternative resource that was only assessed in the preliminary study is biomass which included both agricultural based and solid waste. The preliminary analysis show that agricultural biomass from microalgae has an impressive potential. Annual electric energy production, using only 10% of the potential harvest of microalgae, is estimated at 24,000,000 MWh, a figure that exceeds the 2006 electric energy demand of 20,600,000 MWh.

This finding becomes even more important if we consider that biofuels are a source of **power and energy** not just energy. Wind, ocean waves and solar photovoltaic are subject to fluctuations in the source of energy making them energy producers that require either energy storage, not necessarily in the form of electricity, or careful and precise grid management to allow for continuous supply of electric power.

This extraordinary potential can not be tapped easily. Many hurdles lie in the path of using 10% of the potential harvest of microalgae in Puerto Rico. Among these are:

The “fuel vs. food” debate has not occurred in a sustainable, i.e. inclusive and participative, manner in Puerto Rico. The benefits of using agricultural land to harvest microalgae must be carefully weighted against its harms. The current philosophy, as stated in Puerto Rico’s Constitution, is that food comes first.

1. Puerto Rico’s Constitution explicitly forbids the use of government owned agricultural land to grow non-food crops. If the “fuel vs. food” debate is settled in a manner, or even a limited manner, that permits the use of agricultural land to produce “fuel crops” a Constitutional change is still needed to take advantage of the many acres of fallow government owned agricultural land. The political process to produce such change has in itself many hurdles.
2. Even if the “fuel vs. food” debate is settled permitting the use of agricultural land to produce “fuel crops”, and the Constitution is changed to make it legal, the agricultural sector still needs major restructuring.

Puerto Rico’s agricultural sector has been declining for decades. The use of outdated technology, lack of interest and support from the Puerto Rico government to this sector, non-consensus among farmers on the right strategies to improve, lower profit margins versus high tech higher paying jobs and foreign

competition are just a few of the reasons for the decline. In addition, many farmers can not resist the high, immediate, financial gains of converting farm land into real state developments. The lack of a well articulated, well implemented, modern plan for the use of land exacerbates this situation.

In summary, an inclusive debate on the “fuel vs. food”, changes to the Puerto Rico’s Constitution and a major overhaul to the agricultural sector are needed in order to tap the potential benefits of using microalgae to produce not just biofuels, thus electricity, but other Fs (Feed, Feedstock, Fibre and Fertilizer).

Comments on photovoltaic electric generation

The least intrusive renewable energy resource technology considered in our study is solar photovoltaic. Contrary to other countries where photovoltaic farms are considered, in Puerto Rico photovoltaic roofs were the main focus of the study. We have selected this approach based on Puerto Rico’s high population density and historic single family housing trends.

Approximately 65% of residential roofs can provide the total electrical energy, not power, that is generated in Puerto Rico, as shown in Figure 1.

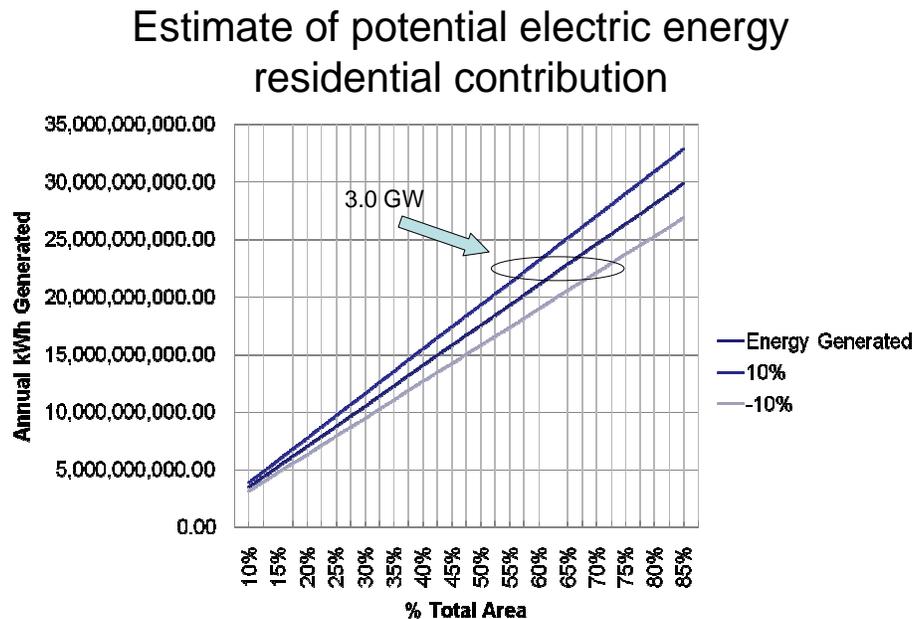


Figure 1 Estimate of solar photovoltaic electric energy contribution form residential applications.

The highly distributed nature of this alternative, with hundreds of thousands of potential energy generators, also possesses interesting challenges regarding the integration

and interconnection of these systems. Nonetheless, the energy generation potential is so significant that even 10% of the households can provide close to 20% of the overall energy demand. Developments in energy storage technologies should provide an opportunity for even greater penetration of photovoltaic systems.

We believe photovoltaic generation to be the least environmentally intrusive, and the one with minimum possibility of social and community conflicts during deployment, among the renewable energy resources and technologies considered in this study. Photovoltaic panels installed in roofs are virtually non-visible and the noise level of auxiliary equipment, such as the fan from DC/AC converter, is negligible. An important issue to consider is the “right to the sun”, an issue that will emerge as more PV systems are installed in rooftops.

Again, perhaps the most important challenge, after is high capital cost per unit of power, is the adjustment needed in distribution systems, how they are designed and operated in Puerto Rico, so that these can accommodate as many distributed energy sources as it is economically, technically, socially and environmentally viable.

Economic affordability of low income families is a social issue that must be addressed in the economic incentives that are required for these systems. Notice also that these numbers indicate that photovoltaic farms that compete with other renewable resources such as wind and biomass should have a lower priority. However, areas such as state highways, parking lots, etc could also be considered.

Another important consideration with PV technology deals with the way we build new structures, for example access to the roof from the electric distribution panels and the layout and use of space in the roof. Piping and air conditioning equipment, dish antennas and any structure over the roof can cast a shadow that limits potential use of PV in a rooftop.

Comments on Wind

Offshore wind farms offer a very high potential of electricity production in Puerto Rico. The two identified areas in the east coast (1,920 km²) and south coast (825 km²) can result in a total installed wind capacity of 13,725 MW. Even 10% of that area will result in 1,375 MW which is still a considerable amount.

Similar to ocean based technologies, wind is undergoing strong scrutiny from environmental and community groups. Wind farms are not only highly visible but could affect species such as bats and birds. However wind generation is a mature technology, proven around the World, and the most cost effective of the renewable generation options.

Comments on Fuel cell technology

Fuel cell technology had definite disadvantages versus faster growing technologies in the short, 1 to 5 years, and medium term range, 6 to 15 years. The relatively high price of hydrogen and natural gas is a very difficult hurdle to overcome especially in Puerto Rico.

Conclusions

Photovoltaic systems can have a dramatic impact at the residential level in Puerto Rico. During the day, enough electrical energy can be generated to displace fossil-fuel based generation equivalent to the residential load using dispersed residential PV systems. Irradiance variations are not a big issue for dispersed PV systems since it is unlikely under typical weather conditions, to have the whole Island under cloud cover. PV technology is well understood, well known and commercially available.

Since rooftops provide ample space footprint is not an issue. Due to stringent land use limitations, it is not recommended to use land in Puerto Rico for large PV arrays. If and when storage technologies become a large-scale alternative, photovoltaic technology could even supply all electric energy in PR, even for large energy-intensive industries and commercial operations. Higher capital cost is its main disadvantage compared to the other technologies.

Offshore wind farms offer a very high potential of electricity production in Puerto Rico and offer the advantage of no land use. Even with its higher capital cost off-shore wind remains attractive and competitive cost wise.

Its main draw back is their high visibility and the potential to affect species such as bats and birds if sites are not carefully chosen.

Wind generation is a mature technology, proven around the World, and the most cost effective of the renewable generation options.

Ocean waves have extraordinary potential and represent the largest, naturally produced, untapped energy resource for Puerto Rico. Its footprint is small and current cost lie between photovoltaic and wind.

Given the current development of wave energy conversion technology ***we recommend to perform pilot plant studies in Puerto Rico that includes actual ocean wave measurements and technology validation.***

Environmental, social and community concerns must be addressed in parallel with engineering developments for the sustainable use of ocean waves to produce electricity. Public policy, for licensing ocean space to harness its energy, must be developed.

Agricultural biomass, specifically from microalgae, has the potential to provide electric energy in excess of the 2006 electric energy demand of 20,600,000 MWh. Its impact could be even higher if we consider that biofuels are a source of **power and energy** not just energy.

Wind, ocean waves and solar photovoltaic are subject to fluctuations in the source of energy making them energy producers that require either energy storage, not necessarily in the form of electricity, careful and precise grid management to allow for continuous supply of electric power or both.

With reasonable footprint and cost agricultural biomass from microalgae to produce electricity merits further investigation. It does not constitute a short term solution to provide electricity since an inclusive debate on the “fuel vs. food”, changes to the Puerto Rico’s Constitution and a major overhaul to the agricultural sector are needed in order to tap the potential benefits of using microalgae.

We recommend wind, solar photovoltaic and ocean waves as the renewable resources/technologies to be targeted via Renewable Portfolio Standards in the immediate future. A clearly achievable use of only 10% of these resources will provide an estimated 115% of the 2006 electric energy demand.

Finally, a common objection to the use of renewable energy resources is the electric grid interconnection issue. Electric grid integration and interconnection is a well studied area with a wealth of information and studies on how to deal with the technical challenges of taking advantage of renewable energy resources and an electric grid that was not originally designed for them.

This is not to say that we can indiscriminately interconnect distributed or renewable energy resources to our power grid. Operational limits, dependent on the utility’s particular operating region, must be defined to keep the grid operating with the renewable resources and within its safety and operational restrictions.

In Puerto Rico, with our abundant renewable energy resources, the question should be not how to best integrate renewable resources into the existing electric energy grid or other energy infrastructures, but how our existing infrastructures and practices should change or transition in order to allow maximum use of solar, wind, ocean and other renewable energy sources.

The renewable energy potential is available, the technological know-how is present, but we need the will as a People and the inclusive and open dialogue spaces to reach historic decisions.

We need to stop thinking within the bounds of our disciplinary or sector limits, start considering the bigger picture and identify the connections and implications of our decisions into other areas or sectors. It is up to us, all Puerto Ricans, to make a stand for the

future, a true social pact in which we do not wait for problems to be solved from the outside but solve the problems ourselves.

Acknowledgments

This work was sponsored by the Puerto Rico Energy Affairs Administration under Contract Number 2008-132009. We are especially grateful, for his support and useful comments, to Dr. Javier Quintana Méndez Administrator of the Puerto Rico Energy Affairs Administration.

Graduate students contribution to this work was significant. The authors wish to express their gratitude to, and acknowledge the individual contribution of, the following students:

Miguel Ríos contributed to Chapter 2 Wind energy.

Franchesca Aponte and Magaby Quintero contributed to Chapter 3 Ocean energy.

Arlene Sosa, Luisa Feliciano and Johana Dumeng contributed to Chapter 4 Solar resource and solar thermal technologies.

Hillmon Ladner contributed to Chapter 5 Photovoltaic technology.

Liliana Martínez contributed to Chapter 6 Biomass and Chapter 7 Fuel Cell Technology.

Edy E. Jiménez contributed to Chapter 8 Micro hydroelectric technology.

¿Cuál Será el Futuro de la Energía Eléctrica de Puerto Rico?

Dr. Agustín A. Irizarry Rivera, PE & Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

Alrededor del Mundo investigadores, académicos, reguladores e ingenieros de sistemas de potencia vislumbran importantes cambios en la manera que se diseñan, planifican y operan los sistemas de potencia eléctrica. Los futuros sistemas de potencia tendrán cada vez más generación a pequeña escala y distribuida por toda la red aprovechando los recursos energéticos renovables en el lugar que existen. Los futuros sistemas de potencia usarán cada vez más tecnología de comunicaciones, sensores y computación distribuida para responder de manera controlada a cambios en la demanda y generación de electricidad y responderán a imprevistos de manera semi-autónoma convirtiéndose pues en una red “inteligente”. Los futuros sistemas de potencia son sostenibles no sólo tecnológica y económicamente, sino también ambiental y socialmente.

Los autores participamos activamente en foros alrededor del Mundo, a menudo sin abandonar nuestra oficina en Mayagüez gracias a la Internet, aportando y recibiendo ideas y resultados que nos confirman que el futuro que aquí describimos ha de realizarse.

¿Qué nos falta en Puerto Rico para transformar nuestro sistema eléctrico en ese sistema del futuro? En este artículo afirmamos que en Puerto Rico necesitamos con urgencia de un ente que regule a la AEE y saque de sus manos las funciones de planificar el sistema eléctrico y de definir la operación del mismo. Comencemos discutiendo lo que tenemos.

El pueblo de Puerto Rico actualmente es dueño de un sistema de potencia eléctrica basado en su totalidad en generación centralizada y con una red eléctrica pasiva. El sistema lo administra, por mandato de Ley desde 1941, la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) una corporación pública, dirigida por un Director Ejecutivo nombrado por una Junta de Gobierno. Los integrantes de la Junta son nombrados por el Gobernador, a excepción de dos representantes electos por los consumidores.

(¿Cómo se eligen? Dicen que existe un proceso en DACO. Los autores jamás han sido contactados, en su carácter de ciudadanos o en cualquier otro, para participar del proceso de elección de estos dos representantes. De hecho, por lo menos uno de los autores no conoce **a nadie en Puerto Rico** que fuera contactado para participar de este proceso de elección de estos dos representantes.)

La AEE tiene la obligación, por Ley, de administrar, operar y mantener la infraestructura de energía eléctrica de la Isla. Además tiene la facultad y obligación de planificar el futuro de nuestro sistema eléctrico. La planificación de futuro que vislumbra la AEE es tradicional. Lo sabemos porque todos los proyectos que anuncia la AEE y que presentan y discuten sus representantes son tradicionales.

La AEE no es regulada por ninguna otra agencia en tanto no violen ninguna ley local o federal. Quien tenga una queja o sugerencia se la somete a la AEE y la AEE decide que hacer con ella. El que no esté conforme con la decisión puede acudir a un Tribunal y radicar un pleito legal.

¿Qué nos falta en Puerto Rico para transformar nuestro sistema eléctrico en ese sistema del futuro? Si mantenemos la situación actual el único mecanismo para los puertorriqueños aspirar a tener un sistema de potencia eléctrica de futuro es que los dos representantes de los consumidores en la Junta de Gobierno de la AEE logren el cambio.

(¿Alguien sabe el nombre y la dirección de contacto de los actuales representantes del consumidor ante la Junta de Gobierno? Esta información no aparece en la página de Internet de la AEE. Estos representantes deberían ser la voz de los consumidores y estar disponibles y dar audiencia o mecanismos para que grupos de ciudadanos puedan expresarse y llevar sus planteamientos a la Junta.)

Afirmamos que si deseamos un sistema eléctrico de futuro necesitamos con urgencia un ente, diferente a la AEE, que no sólo regule a la AEE sino que evalúe las opciones de futuro, no sólo tecnológicas sino de regulación y operación que viabilicen este sistema eléctrico de futuro.

En efecto que planifique el futuro del sistema eléctrico, y de su operación, de suerte el interés de los ciudadanos y de la Isla sea el primer interés. Este marco regulatorio existe y ha existido en todo el Mundo por muchos años. Esto no necesariamente le convendrá a la AEE como existe hoy. ¿Por qué? Usemos como ejemplo el ahorro de energía eléctrica.

Para pagar su nómina, mantener las facilidades, comprar combustible fósil, comprar energía de las cogeneradoras que queman combustible fósil, y pagar la deuda que tiene con sus bonistas la AEE necesita vender electricidad. No sólo necesita vender electricidad necesita aumentar anualmente sus ventas de electricidad pues los bonos fueron emitidos bajo la expectativa de que la demanda de electricidad se mantenga creciendo a razón de por lo menos 3% al año.

Afirmamos que Puerto Rico necesita un plan masivo de conservación y aumento de eficiencia en el uso de energía eléctrica. Esto se traduce a disminución del consumo y por lo tanto a una disminución a las ventas de la AEE. Análisis hecho por los autores sugieren que

en Puerto Rico podemos alcanzar una disminución de consumo de electricidad de al menos 20% usando tecnología actualmente disponible en el mercado.

Una disminución del consumo de electricidad se traduce a ahorro para la ciudadanía, disminución de la energía transportada por las líneas eléctricas (y por lo tanto disminuyen las pérdidas eléctricas, más ahorro), reducción en el impacto sobre el medio ambiente y, quizás irónicamente, en una extensión de la vida útil de los elementos de **nuestro** sistema de potencia pues opera con menor carga. Una disminución del 20% de las ventas de energía de la AEE puede llevarla a la bancarrota.

El bienestar de la AEE y el bienestar de Puerto Rico entran en conflicto cuando de ahorro de energía eléctrica a gran escala se trata.

Otro ejemplo de conflicto, el promover la generación distribuida y el uso de recursos energéticos renovables, dos características de un sistema eléctrico de futuro. En casi todo Puerto Rico tenemos excelente radiación solar durante muchas horas del año. Usemos pues sistemas solares fotovoltaicos.

Los sistemas fotovoltaicos aún no son baratos. Una manera de hacerlos más accesibles es eliminar el almacenamiento de energía eléctrica (eliminando el uso de baterías, lo que también disminuye su impacto ambiental) y conectar el sistema fotovoltaico a la red eléctrica. Mientras hay sol, y no consumimos más de lo que producimos, inyectamos a la red eléctrica el sobrante. Cuando no hay sol, o cuando consumimos más de lo que producimos, recibimos electricidad de la red eléctrica. Si además recibimos un crédito por lo que generamos, que cancele el costo de lo que consumimos, tenemos medición neta.

La Ley 114 del 16 de agosto de 2007 ordena a la AEE a que viabilice la medición neta en Puerto Rico y le asignó la tarea (junto a la Administración de Asuntos de Energía) de crear un Reglamento para estos fines. La AEE respondió creando un reglamento de medición neta, atado a uno de interconexión, que es oneroso en tiempo y dinero para el consumidor. A nuestro juicio el reglamento no fomenta la medición neta ni la generación distribuida ni el uso de recursos energéticos renovables.

La medición neta puede aportar, si hubiese el por ciento de penetración adecuado, a reducir la demanda durante el día además de ser una medida de apoderamiento de la ciudadanía de su sistema eléctrico.

La conexión de estos sistemas solares fotovoltaicos a la red eléctrica es segura tanto para usuarios como para empleados de la AEE si se hace siguiendo los estándares apropiados. Nos provee una herramienta para asumir y manejar nuestras necesidades energéticas, especialmente después de tormentas o problemas con el servicio eléctrico. Hay

limitaciones técnicas de cuánta electricidad puede integrarse al sistema de la AEE de esta forma, pero esas limitaciones están atadas precisamente a la manera tradicional de diseñar y operar nuestro sistema eléctrico. Además, cualquier generación de electricidad de parte de los ciudadanos disminuye las ventas de la AEE.

Sólo redefiniendo la AEE, reinventando esta corporación pública, regulándola y quitándole el poder total *de facto* que tiene para definir nuestro futuro sistema eléctrico obtendremos un sistema eléctrico de futuro.

Comentarios acerca de Tecnologías de Energía Renovable

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE & Dr. José A. Colucci Ríos, PE

Con los precios del barril de petróleo alrededor de \$50 en los primeros tres meses de 2009, la discusión de la dependencia de combustibles fósiles de PR ha quedado en un segundo plano. Al parecer, seguimos sin entender que los momentos de crisis no son apropiados para tomar decisiones críticas de cambio, ni que tales decisiones resolverán la crisis del momento de inmediato. Es en estos momentos de “petróleo barato” donde como sociedad tenemos que asumir una postura de futuro, y realizar los cambios que nos preparen para enfrentar la próxima crisis energética. Es pues un buen momento, dado el impacto que tiene en todos los puertorriqueños, considerar algunas opciones energéticas en términos tecnológicos, considerando los incentivos de energía que recibirá la Isla en el futuro cercano. Estos fondos son oportunidades para el desarrollo de iniciativas y negocios en PR que aporten a la economía local y a la vez sean parte de la tan deseada transición a un futuro menos dependiente de combustibles fósiles. Sin embargo, estos fondos de manera milagrosa, han creado en Puerto Rico cientos de “expertos” en energía que diariamente se acercan a personas del gobierno, comerciantes, comunidades y ciudadanos ofreciendo tecnologías que resuelven todo el problema energético.

Es vital que todos los sectores de la sociedad ejerzan cautela al momento de evaluar entre las diversas ofertas y promesas que se hacen a diario para enfrentar el aumento en los costos energéticos. En especial, toda alternativa que sea presentada como la alternativa a la solución de todos o muchos de nuestros problemas energéticos debe levantar rápidamente sospecha y ser estudiada con detenimiento. Cualquier proponente de una alternativa, que no esté dispuesto a que su propuesta pase por la evaluación de un tercero, o que no provea la información necesaria para que el cliente pueda decidir de forma sosegada no es un proponente serio. Este asunto empeora cuando consideramos que, al ser un área todavía poco conocida en Puerto Rico, cada proyecto de energía renovable se convierte en un portaestandarte, que puede mostrar tanto aspectos positivos como negativos de la tecnología. Por esto, deben minimizarse aquellas áreas que hacen de cualquier proyecto renovable uno con resultados netos negativos, sean tecnológicos, ambientales, sociales o económicos. Porque proyectos con resultados negativos netos se convierten en ejemplo y pretexto de por qué no debemos usar tal o cual alternativa en Puerto Rico.

No se deben generar mecanismos de censura, ni crear obstáculos a la entrada al mercado de nuevos participantes en sistemas renovables, ni beneficiar a un grupo en particular. Es el derecho de tod@s, en el sistema económico en que nos ha tocado vivir, tratar de aprovechar las oportunidades de negocios que surjan. Sin embargo, sí es importante que todos los constituyentes tengan acceso a información, las ventajas y desventajas de cada opción a considerar. Promesas de eficiencias mayores de 60% (en especial en sol y viento), alternativas “sin impacto ambiental”, re-pagos de menos de un año, agua energética, rendimientos espectaculares agrícolas, todas son promesas sin fundamento o exageradas o sacadas fuera de contexto. Cabe mencionar que estas promesas no son nuevas para Puerto Rico, y conocemos de proyectos en el pasado con reclamos exagerados en su desempeño energético. En años recientes también tuvimos el fenómeno del etanol donde varios especuladores nos visitaron, especialmente a la Compañía de Fomento Industrial, con propuestas visionarias de establecer procesos para generar etanol.

Las estrategias energéticas no deberían limitarse sólo al uso de energía renovable, sino también debe incluir medidas agresivas de conservación y eficiencia energética. Fragmentar el asunto energético, no atenderlo de forma integral que incluya no sólo la demanda tal cual es sino también los patrones de uso de la energía, es no atender la totalidad y complejidad del dilema energético de PR. Tanto en Europa como en EEUU es parte integral del proceso de planificación de sistemas de energía, las estrategias de conservación, eficiencia energética y manejo de la demanda por parte de los consumidores. Por ejemplo, programas como “demand response” ofrecen la posibilidad de que los clientes tengan unas tarifas eléctricas más bajas, si están dispuestos a bajar su consumo de energía eléctrica. La compañía eléctrica coordina con los clientes participantes los momentos donde se les requiera reducir su demanda. Esto se logra a través de nuevos equipos de comunicación y control, tanto en la red eléctrica como en el lado del cliente. Los metros inteligentes (“smart meters”) son parte de estas nuevas tecnologías que constituirán una red inteligente (“smart grid”) junto con nuevas estrategias y maneras de diseñar y operar sistemas de energía eléctrica. La Autoridad de Energía Eléctrica, en su respuesta al Energy Policy Act del 2005, cerró la puerta a la tecnología de “smart meters” en PR. Esperemos que los fondos disponibles para “smart grids” ayuden a abrir esa puerta, no sólo al sistema eléctrico, sino a la tan deseada transición a una menor dependencia de combustibles fósiles.

Hay que seguir enfatizando que toda alternativa, no importa cuan renovable sea o se presente, tiene un impacto negativo económico, ambiental y social, para algún sector. Hasta conservar energía tiene impactos positivos y negativos, para algún constituyente energético (por ejemplo tiene impacto negativo para los productores de energía). Y es que con problemas complejos como nuestro dilema energético, no existen varitas mágicas. Ninguna alternativa es la alternativa que resolverá todos nuestros problemas energéticos, sino que la respuesta será la combinación de varias alternativas. Por último, no debemos caer en la creencia de que la tecnología nos va a salvar, que con la tecnología vamos a resolver el dilema energético de PR. La historia tiene muchísimos ejemplos de lo negativo que es este acercamiento, y muchas veces resulta que “el remedio es peor

que la enfermedad” pues no se dio espacio para trabajar con las consecuencias no-intencionadas de las soluciones tecnológicas. Es importante no olvidar que el principio de sostenibilidad es más integrado e integrador al balancear los aspectos tecnológicos, económicos, ambientales y sociales de toda alternativa que se proponga en PR. Deben integrarse y dar participación amplia y temprana a todos los constituyentes energéticos: comunidades, organizaciones no gubernamentales (NGO's por sus siglas en inglés), gobierno, industria, comercio y colegios de profesionales.

La Paradoja Energética y Nuestro Estilo de Vida

Dr. Iván Baigés Valentín

En años recientes hemos experimentado distintas crisis tales como la contaminación ambiental, la crisis energética y en estos momentos estamos sufriendo la crisis financiera y fiscal. Estos eventos nos preocupan y nos hacen sentir que no tenemos control sobre nuestro destino. Y nos preocupan asuntos tales como - ¿Cuándo mejorará esto? ¿Cómo podemos salir de esto? ¿Cuál será la próxima crisis?

A pesar de todas estas malas noticias, hay esperanzas ya que muchos de estos problemas están relacionados entre sí y son el resultado de nuestras acciones y decisiones. Significa que las soluciones que necesitamos también serán el resultado de nuestras acciones y decisiones. Y ahora nos preguntamos - ¿Que debemos hacer distinto?

Para entender mejor esto consideremos la crisis energética, la cual nos dio muy duro durante el verano del 2008 cuando el costo del petróleo llegó a rondar los \$150/barril y la gasolina llegó a estar más de \$1/litro. Esta crisis energética es resultado de acciones y decisiones que se tomaron décadas atrás - se adoptaron tecnologías que producen energía con la quema de combustibles fósiles (carros de gasolina y plantas generatrices de electricidad que queman derivados de petróleo). Se tomaron decisiones que definieron toda una economía y estilo de vida basada en el uso y la disponibilidad continua de combustibles fósiles - un recurso no renovable. Se desarrolló un sistema económico con la expectativa de crecimiento económico continuo y se basó este sistema en un recurso finito. Esto equivale a pagar una cuenta recurrente con fondos no recurrentes. Esta infraestructura se basa en la presunción que estos combustibles mantengan un bajo costo. Cuando la presunción deja de ser cierta, nos vemos inmersos en una encrucijada, pues la inversión y la deuda en infraestructura basada en fósiles es multi-millonaria, y se tiende a defender esa inversión en lugar de buscar otras alternativas.

En medio de esta crisis de energía están surgiendo ideas y estrategias para buscar fuentes alternas de energía que usen recursos renovables como el viento y la luz solar.

Estos esfuerzos para implantar sistemas de energía renovable son necesarios y loables que sin lugar a duda nos ayudarán a reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles y nuestros costos energéticos. Estas iniciativas nos ayudarán redirigir nuestro sistema económico y basarlo en fuentes renovables de energía. Ahora pagaremos nuestras cuentas con “fondos” recurrentes (energía de fuentes renovables) en vez de usar fondos no recurrentes (energía de fuentes no renovables como el petróleo). Sin embargo hay que preguntarse si el uso de energía no renovable y su efecto en nuestra sociedad es el problema verdadero o es solamente un síntoma (y un síntoma muy serio) de nuestro verdadero problema, de nuestro mal de fondo.

Imagínense si al implantar todos estos sistema de energía alterna renovable nuestra factura de consumo de energía eléctrica fuese un 25% de lo pagamos ahora - ¿Qué haríamos con ese dinero adicional que ahora nos sobra? Algunos lo usarían para comprarse un carro nuevo o un televisor más grande o en fin para embrollarse más de lo que están. Y eso nos hace pensar si nuestro problema verdadero es el costo de la energía o si hay algo más profundo detrás de todo esto. Nuestra crisis energética en parte es causada por la escasez y encarecimiento de la energía misma, pero otra parte es causada por el consumo desmedido de energía. ¿Será posible que nuestro de estilo de vida consumerista es el que propicia muchos de nuestros problemas?

En Estados Unidos (la nación que merca el sueño americano) la cantidad de teléfonos celulares ha aumentado de 34 millones en el 1995 a 260 millones en el 2008. En promedio, la gente reemplaza el teléfono cada 18 meses y estos teléfonos descartados generan más de 65,000 libras de desperdicios al año. En los Estados Unidos, la cantidad de televisores por hogar ha aumentado de 1.7 en el 1980 a 2.6 en el 2007. ¿Y todos esos teléfonos adicionales han mejorado la comunicación entre los padres y los hijos? ¿Acaso todos estos televisores adicionales ha hecho que la gente esté mejor informada?

Muchas compañías generan sus ingresos mediante la venta de productos y servicios. El proveer estos productos y servicios requiere el uso de materiales y energía y generación de desperdicios y el impacto de recursos naturales. Este modelo plantea que mientras más productos se fabriquen y se vendan, más ingresos se generan y “mejor” les va. De hecho el desempeño económico de un país se mide por el Producto Bruto Nacional lo cual en parte depende de las ventas de productos y servicios. Si el PBN aumenta, hay crecimiento económico y el gobierno celebra este crecimiento. Sin embargo el aumento de ventas de productos no necesariamente indica que nuestras vidas están mejor que antes. Distintos

economistas (véase el estudio “Hacia la medición del Bienestar Económico Sostenible para Puerto Rico” por el Dr. José Alameda y la Dra. Ivonne Díaz, Catedráticos del Departamento de Economía del Recinto Universitario de Mayagüez) plantean que el PBN no siempre va a la par con el aumento de la calidad de vida, que es posible que aumente el PBN y nuestra vidas no mejoren.

Para motivar sus ventas, compañías invierten cantidades considerables de dinero en la promoción de sus productos (en el 2008 Coca Cola gastó más de \$6,500 millones en publicidad y ventas), usando estrategias que invitan al consumo, al endeudamiento (la deuda promedio en Estados Unidos es de \$9,200, el triple de lo que era en el año 1990) y a la compra de productos que posiblemente no le hagan falta al consumidor. Al presente compramos casas más grandes, carros más poderosos y costosos, computadoras más rápidas y celulares más pequeños con la idea que podemos mejorar nuestra calidad de vida. Compramos carros que consumen más del 95% de su energía para mover el carro y menos del 5% para mover a los pasajeros. Compramos casas lejos de nuestro trabajo y perdemos 2 a 3 horas diarias en el tapón. Compramos carros que pueden llegar a 60mph en 6 segundos pero en el tapón podemos avanzar 6 millas en 60 minutos. Compramos servicios de cable televisión con 10 canales premium cuando en verdad podemos ver solamente uno a la vez. Compramos cosas que no nos hacen falta o que no tenemos el tiempo para usar ya que estamos ocupados trabajando horas extras o en un segundo trabajo para poder saldar tarjeta de crédito que usamos para comprar estas cosas para la cual no tenemos tiempo de usar. Este es un ciclo que nunca se detiene, donde nos movemos mucho pero no llegamos muy lejos. Y para complicar el asunto, muchos de nosotros somos parte de este proceso ya que trabajamos para compañías que usan este modelo de negocios. Nuestro estilo de vida y nuestras fuentes de ingreso dependen de un sistema que fomenta el uso creciente de materiales, del aumento en el consumo de energía, mayor impacto a los recursos naturales, el aumento de la generación de desperdicios y la degradación de nuestro medio ambiente. Nos tenemos que preguntar si nuestra vida ha mejorado o lo que ha aumentado es la cuenta de nuestra tarjeta de crédito, nuestras horas de trabajo, nuestra presión arterial y niveles de colesterol - ¿ha valido la pena tanto trabajo? ¿Tenemos una vida mejor que nuestros padres y abuelos? ¿Acaso aumentar nuestro consumo necesariamente mejora nuestras vidas?

El modelo presente trata a los recursos limitados como si nunca se fueran a acabar. Las fuentes de energía que usamos en su mayoría son no renovables, muchos de los materiales no son renovables y los recursos naturales que impactamos no son infinitos. La

humanidad ha creado un modelo de desarrollo que trata lo limitado como ilimitado y muchos de nuestros problemas son consecuencias de estar cerca de estos límites. Un ejemplo claro de esto es la crisis hipotecaria de Estados Unidos que ha sido creada en parte por la construcción desmedida de viviendas y la otorgación indiscriminada de préstamos hipotecarios, es un sistema basado en la frase – ¡la última la paga el Diablo!. En un discurso ofrecido en la Universidad de Georgetown el pasado 14 de abril, el Presidente Obama habló de la necesidad de tener una casa construida sobre roca en vez de arena, de la necesidad de cambiar la naturaleza básica del capitalismo americano (de Estados Unidos). *“No es simplemente sostenible,”* él dijo, *“tener una economía donde, en un año, el 40% de nuestros beneficios corporativos vinieron de un sector financiero que fue basado en casas con precios inflados, tarjetas de crédito que están en su límite máximo, bancos endeudados y activos sobrevalorados”* [*The President's Impressive Performance Thus Far* by Joe Klein - www.time.com/time/politics/article/0,8599,1893277-1,00.html]

En su artículo de portada del 6 de abril de 2009, la Revista *Time* presentaba como desde 1980 no ha habido un punto de cotejo (“reset”) en donde se pase revista sobre las estrategias económicas de los EEUU. Y ante la falta de ese “reset” se observó como el mercado sin regulación creaba las burbujas del sector de las telecomunicaciones y la del sector de bienes raíces. Los escándalos de Enron, WorldCom y más recientemente los “rescates” a las compañías con gran responsabilidad por la crisis económica actual son muestras que estas burbujas son frágiles y temporeras, y que esa filosofía de crecimiento económico sin límites y poco regulada no es sostenible.

Debemos repensar nuestro modelo económico e inventar un modelo distinto que no dependa del uso continuo de materiales, ni del uso desmedido de energía, ni de la compra continua de productos y servicios ni de la generación continua de desperdicios. De la misma manera que hay esfuerzos para crear sistemas de fuentes renovables de energía, debemos iniciar esfuerzos similares para crear un nuevo sistema económico que requiera menos consumo de energía, genere menor impacto ambiental, consuma menos materiales, genere menos endeudamiento, requiera menos horas extras de trabajo y dependa menos de compras innecesarias.

Al presente hay compañías que han repensado este paradigma y han cambiado su modelo de hacer negocios. La compañía *Interface* (ubicada en el estado de Georgia) suministra alfombras comerciales pero no las vende, las alquila y cuando están gastadas las sacan, reciclan el material y las ponen otra vez. Han reducido su consumo de materiales no renovables en más de 70% y las ventas en el 2008 pasaron los \$900 millones. Han cambiado

el modelo, ya no dependen de la venta de productos, ahora dependen de la venta de un servicio y mientras les duren las alfombras mejor para ellos. Antes el modelo era que mientras más rápido se gastaba la alfombra mejor para ellos. Podemos replantear nuestro modelo de negocios y crear uno que este en armonía con los límites de materiales y recursos naturales. Este esfuerzo tiene retos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales – requiere el compromiso y talento de todos los sectores de nuestra sociedad para así crear un modelo económico que mejore nuestras vidas y nuestro planeta.

Una Junta Fiscalizadora de Servicios para la AEE

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

El Proyecto de la Cámara 1184 propone crear la Junta Fiscalizadora de Servicios Públicos para reglamentar los servicios de telecomunicaciones, energía, acueductos y alcantarillados. Por muchos años los consumidores han expresado su descontento con las tarifas de la AEE, y esta Junta podría atender este reclamo.

Sin embargo, el costo de la energía eléctrica no es *EL* problema energético de la Isla, es un *efecto* de nuestra dependencia de combustibles fósiles, y patrones de malgasto y derroche de energía. No ha existido ni existe una estrategia energética amplia y organizada, que sobreviva los cambios y controversias político-partidistas, que vaya por encima de la pelea constante, del debate público temporal, superficial y adversarial. No tenemos un ente coordinador de energía ni una política pública efectiva, aumentando la fragmentación del asunto energético. Esta Junta no debe convertirse en un “parcho” más, que agrave nuestros problemas energéticos.

La regulación es un paso en la dirección correcta pero no es una panacea que va a resolver todos los problemas. Los procesos regulatorios no son perfectos, la prisa puede llevarnos a decisiones con beneficios a corto plazo, pero con futuros resultados negativos. La experiencia regulatoria de las telecomunicaciones no asegura que la experiencia con la regulación de energía será exitosa. Cada servicio es diferente, se necesita personal con experiencia y peritaje en cada campo. No es suficiente un título en leyes, ingeniería, administración pública o economía. El asunto de la fuerza laboral de esa Junta es un tema importante, hace falta una transición en lo que el peritaje se establece. De otra forma, podemos contratar personal no capacitado para tomar decisiones vitales para la Isla.

La regulación cuesta, y esta Junta la tendremos que pagar todos. Esto es una buena inversión si la Junta representa los intereses de todos, no de un sector. La AEE deber ser de todos los puertorriqueños, transparente y que ponga el interés de PR primero, por encima de cualquier interés particular. Si el resultado de la regulación es sustituir el monopolio de la AEE por un cartel de productores privados que controle esa Junta, o si esa Junta se enfoca principalmente en consideraciones económicas por encima del bienestar general del pueblo, acabaremos con un remedio peor que la enfermedad. Por ejemplo, ciudadanos de Oregon tuvieron que pedir por votación, la creación de un “Citizens’ Utility Board” para velar por sus intereses frente a una Junta como la propuesta.

No debe imponerse un régimen regulatorio siguiendo patrones de otros lugares, sin considerar nuestras particularidades. Los deseos de cambio y transformación no son varitas mágicas que permitirán la reforma del sistema eléctrico. La prisa por reducir costos, por “cortarle la cabeza” a la AEE puede causar graves problemas al sistema eléctrico y acabaremos afectándonos todos. Debemos recordar el caso de California, donde se le impusieron tantas restricciones a las compañías eléctricas que estuvieron a punto de la bancarrota, y el resultado de la crisis le costó el cargo al Gobernador Davis. En aquel caso hubo una desregulación mal hecha, en nuestro caso podemos todos sufrir efectos adversos con una regulación mal hecha.

"Tendremos como política pública ..., la transparencia y la participación ciudadana, ..." lee en su página 21 el Programa del Gobierno actual. En este tema hay que dar espacio y tiempo al diálogo, más allá de simples vistas públicas. La Junta propuesta debe tener mecanismos más efectivos, donde se reciba el insumo de diferentes sectores, haciendo un esfuerzo REAL por atender las preocupaciones de todos. No debe ser un proceso atropellante, de unos pocos planchando las cosas, que se le “pase el rolo” a algún sector por éste no tener acceso a la información. Una participación amplia en la creación, análisis de implicaciones y en la operación de esta Junta ayudaría a minimizar las consecuencias no-intencionadas de este nuevo ente gubernamental.

Determining Realistic Photovoltaic Generation Targets in an Isolated Power System

Hillmon P. Ladner-García, EIT & Dr. Efraín O’Neill-Carrillo, PE

Abstract

The Puerto Rico Energy Affairs Administration, motivated by the great potential of renewable energy in the Island, commissioned a study to the University of Puerto Rico to identify achievable and realistic renewable energy targets for the Island. The study was intended to summarize the technical requirements of a number of renewable energy technologies in the island and the potential generation capacity achievable in the island. The study will be the basis of a proposal for a renewable energy portfolio in the island. This paper deals with the photovoltaic potential in Puerto Rico. The main finding in the paper is that there is enough proven “rooftop resource” available in the Island to support all the residential energy needs, and significant levels of commercial and industrial energy demand.

Introduction

The Puerto Rican society is in need of a well-designed strategy that will guarantee a cleaner and reliable energy supply for all the inhabitants of the island. The dependence on fossil fuels (especially oil) is a concern for all sectors, and has had a negative economical and environmental impact in the Island. The Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA) has played a central role in the creation of energy policy in the island. The local energy policy is defined by PREPA’s proposed generation expansion projects. Table I summarizes the Island’s past and current generation capacity and the projections made by PREPA until the year 2015. The small renewable energy (RE) percentage shown corresponds to small hydroelectric generation facilities dispersed throughout the island. The expected increase for 2015 will include the addition of a wind park in the south west region of the island.

The market instabilities of 2007 and 2008 have drastically raised energy costs for local residents and businesses up to \$0.30/kWh, causing a general state of crisis in the island. The use of RE at a larger scale was not considered as a feasible alternative until this perspective changed drastically in the summer of 2008. In a surprising move, the newest projections

estimate a 20% of RE penetration by the year 2015 [2], [3], [4]. PREPA is currently considering different proposals which include solar, wind and ocean thermal energy conversion (OTEC) generation systems. Responding to the public outcry, the Legislature passed a number of legislations in favor of RE technologies. Some major achievements include: a net metering law, industrial incentives for energy production (RE and other), tax credits for RE systems and open-access (i.e., wheeling) law [7], [8], [9].

These efforts to diversify the island's energy generation portfolio can be seen as a glimmer of hope, yet these appear to be un-coordinated and lacking complete information background. The Puerto Rico Energy Affairs Administration (PREAA) is by law the entity in charge of the Island's energy policy. Although the PREAA has made important advances in recent years, there are still many areas that need attention in order to attain and implement a comprehensive plan for a transition to a society less dependent on fossil fuels. Motivated by the great potential of renewable energy in Puerto Rico, the PREAA commissioned a study to the University of Puerto Rico to identify achievable and realistic renewable energy targets for the Island. The study is intended to summarize the technical requirements of a number of renewable energy technologies in the island and the potential generation capacity achievable in the island. The information would greatly benefit local government agencies and other professionals in the field. This paper specifically presents some of the results obtained for the potential photovoltaic energy generation in the island.

TABLE I
GENERATION DISTRIBUTION IN PUERTO RICO

Year	< 2007	2007	2010	2015
Oil	68%	73.1%	49.7%	32%
Coal	15%	13.6%	12.3%	32%
Natural Gas	17%	12.8%	37.5%	33%
Renewable	<1%	<1%	<1%	2%

Photovoltaic Generation Potential in Puerto Rico

Puerto Rico's geographic location provides a generous solar resource that should be exploited to its maximum potential. The use of photovoltaic technology could allow the local community to take advantage of this resource without sacrificing land resources by using the unused portions of building rooftops and facades as energy collection fields. Using buildings will also guarantee that the required electrical infrastructure to transport the energy produced is readily available as new capacity is built. The analysis presented in this

section considers only the available roof area in the island to accommodate the proposed PV generation. Data was collected for three major customer groups: residential, commercial and industrial. It was found that the island has 1,254,318 occupied residences with an average size of 152 m² [13]. To account for multiple dwelling buildings, only single unit (994,754 units) and contiguous unit (194,813 units) types were considered. These add up to 1,189,567 residences. The total estimated available area for this sector is 180,814,184.00 m². The estimated commercial and industrial rooftop areas in the island are 7,300,000.00 m² and 2,702,545.45 m² respectively [14], [15]. Only half of the area is assumed to be available in order to account for uncertainties in how this area is distributed within the facilities and shadow effects. All PV generating capacity is assumed to be directly coupled to the utility grid by means of an inverter. No battery storage was considered. Energy production over any period is estimated using [23], [24]:

$$E_{PV} = E_{solar} \cdot \eta_{PV} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{loss} \cdot A \quad (1)$$

$$\eta_{PV} = \eta_{rated} \cdot [1 - TC_{\eta}(T_c + T_N)] \quad (2)$$

$$\bar{T}_c - \bar{T}_a = (219 - 832 \cdot \bar{K}_t) \cdot \frac{NOCT - 20}{800} \quad (3)$$

$$C_f = 1 - 1.17 \cdot 10^{-4} (s_M - s) \quad (4)$$

Where:

E_{PV} = Energy produced by PV array (kWh/m²)

E_{solar} = Energy incident in collecting surface (kWh/m²)

η_{rated} = STC PV efficiency

η_{inv} = Inverter efficiency

η_{loss} = Additional system losses

A = Collector Area (m²)

T_c = PV Cell Temperature (°C)

T_a = Ambient Temperature (°C)

T_N = STC PV Module Temperature (25°C)

TC_{η} = Module Temperature Coefficient (1/°C)

\bar{K}_t = Monthly clearness index

$NOCT$ = Nominal operating cell temperature

s_M = Optimum PV array tilt angle

s = PV array mounting angle

Typical characteristics for specific PV cell technologies are shown in Table II. The generation potential estimate for Puerto Rico is based on the typical characteristics for

mono-crystalline PV modules. System related performance assumptions are summarized in Table III.

TABLE II
TYPICAL PV MODULE CHARACTERISTIC VALUES

PV module type	η_{rated} (%)	NOCT ($^{\circ}\text{C}$)	TC η (%/ $^{\circ}\text{C}$)
Mono-Si	13	45	0.4
Poly-Si	11	45	0.4
a-Si	5	50	0.11

TABLE III
PV ENERGY YIELD ASSUMPTIONS

Inverter Efficiency (η_{inv})	0.9
Efficiency for Losses ($\eta_{\text{loss}} = 1 - (\% \text{loss})$)	0.95
Mounting Angle	0°
Optimal Tilt Angle	$\sim 18^{\circ}$

Solar resource data for the Metropolitan region of the island was downloaded from Surface Meteorology and Solar Energy: A Renewable Energy Resource web site [25]. It is displayed in Table IV under the 0° tilt column. The dataset was derived from satellite observations performed by NASA over a 10 year period. This kind of data was combined with other datasets from solar measurements in Puerto Rico to generate the map in Fig. 1. According to the figure, our data set corresponds to the largest average daily solar resource region within the island ($18.5\text{-}20 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$). The “roof resource” is assumed to be distributed similarly to the island’s population. The data from the latest census was processed to distribute the population within the different areas [13]. The vast majority of the population ($\sim 50\%$) is distributed through areas with average insolation of $18.5 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ or above. Approximately 20% of the island’s population is distributed within the $17\text{-}18.5 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ regions. The remaining population is distributed within regions that receive less than $17 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$. The selected dataset is within the predominantly dominating insolation range. It is therefore reasonable to assume that the selected dataset is representative of the whole island.

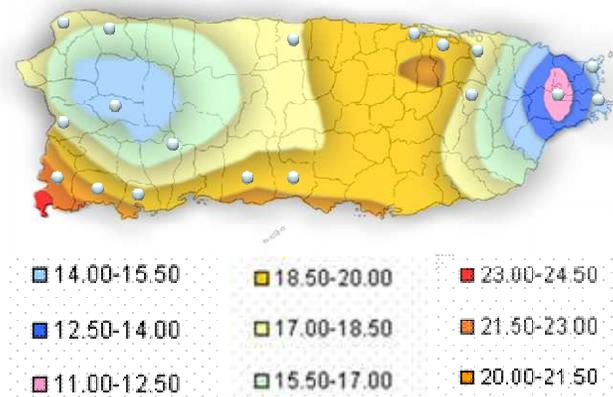


Fig. 1. Estimate of Puerto Rico's Average Daily Solar Resource in $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$ (Used with permission of the authors of [1]).

TABLE IV
MEAN DAILY SOLAR RESOURCE PER MONTH IN METRO AREA

	K_t	0° ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$)	18° ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$)	Temperature ($^\circ\text{C}$)
January	0.55	15.29	17.82	24.7
February	0.56	17.54	19.43	24.7
March	0.59	20.43	21.36	25.2
April	0.58	21.79	21.39	26
May	0.53	20.64	19.43	26.7
June	0.56	21.61	19.89	27.5
July	0.56	21.75	20.21	27.8
August	0.56	21.29	20.50	27.8
September	0.55	19.75	20.11	27.6
October	0.55	17.57	19.04	27.2
November	0.54	15.39	17.64	26.3
December	0.53	14.18	16.54	25.3
Average	0.56	18.93	19.43	26.4

The PV modules are assumed to be mounted flat to simplify the solar geometry and to maintain a conservative result. It is well understood that module mounting angle can increase the available energy on the surface of the module. The energy incident on a PV module's surface can be maximized by choosing a mounting angle equal to the location's latitude with a mounting azimuth angle equal to zero. Table IV displays the measured solar resource on the horizontal plane and the estimated resource at an 18° mounting angle [22], [23]. The estimated total annual difference is less than 3%. This small difference is particular to south facing collecting surfaces in Puerto Rico. The difference would be more

pronounced at locations with higher latitude angle magnitudes where the difference between the optimum angle and horizontal mounting is greater. Using the stated assumptions, the average yearly energy generation potential in Puerto Rico can be estimated. Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4 display the estimated potential generation displacement as a function of roof area used assuming the annual electric energy production reported for Puerto Rico on the year 2005, which amounts to 24,960GWh [4].

It can be easily seen that the island's energy demand can theoretically be displaced using the residential rooftop resource. The available area could accommodate ~23GW of PV capacity. The yearly residential electrical energy demand is around 36% of the total electrical energy demand in the island. This demand can be easily displaced using about 25% of the available residential rooftop resource. The total PV capacity needed is ~6 GW. Nevertheless, it is important to emphasize that this analysis is for energy demand, not power. A separate analysis to deal with the variability of the sun resource is currently being done for Puerto Rico. Commercial and industrial demand is 43% and 21% respectively. An estimated 949 MW could be installed in commercial rooftops and 351 MW in industrial rooftops if the whole available estimated rooftop resource is used. Yet the demand of these sectors cannot be met using their respective roof resources.

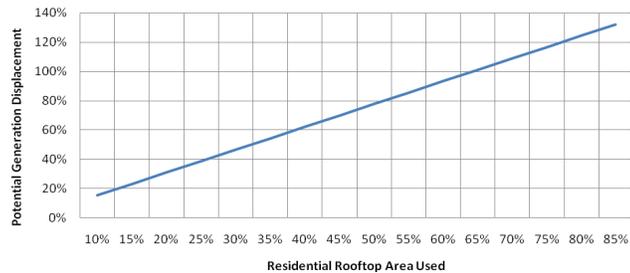


Fig. 2. Annual Residential Generation Displacement Potential.

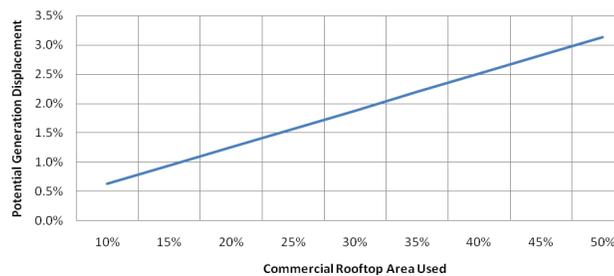


Fig. 3. Annual Commercial Generation Displacement Potential.

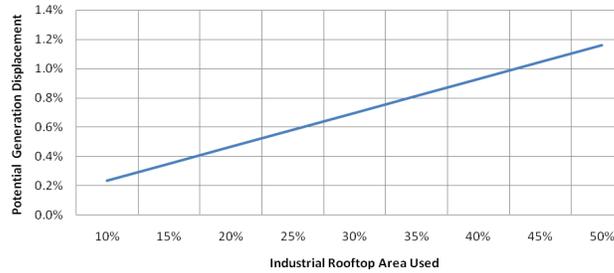


Fig. 4. Annual Industrial Generation Displacement Potential.

Fuel use and emissions reductions can be estimated using the average operating characteristics of generators. Detailed simulations are too complex for the scope of this evaluation; it would at least require the specific output functions of each active generator during the year under study and a record of the electric output of each generator during each dispatch period. We can provide good estimates using simplified methods. The simplifying assumptions are presented in Table V [26], [27]. The Fuel reductions can be easily estimated using the following equation:

$$\Delta F = \frac{E_{offset} * GM\% * (1 + T \& D_{loss})}{\eta_g * HV} \quad (6)$$

Where:

ΔF = Fuel savings

E_{offset} = Energy produced by PV systems

$GM\%$ = Percentage of generation mix

$T \& D_{loss}$ = T & D losses

η_g = Generation efficiency

HV = Fuel heating value

The fuel use reduction as a function of the percent of available roof area is shown in Fig. 5, Fig. 6, and Fig. 7. The system equivalent GHG emission factor can be easily obtained using the methodology presented in [22], [23]. A GHG emission factor of 0.957 tCO₂/MWh was calculated using the available data. It is used to transform all emissions into a CO₂ equivalent potential. The corresponding emissions reduction potentials are displayed in Fig. 8, Fig. 9, and Fig. 10.

TABLE V
FUEL AND EMISSIONS REDUCTION ASSUMPTIONS

	Natural Gas	Coal	Oil #6	Hydro
Average Generator Efficiency (η_g)	45%	35%	30%	Very Small Fraction Not Considered
Heating Values (HV)	1030 BTU/ft ³	12000 BTU/lb	153000 BTU/gal	
CO ₂ Emissions Factor	56.1 kg/GJ	94.6 kg/GJ	77.4 kg/GJ	
CH ₄ Emissions Factor	0.0030 kg/GJ	0.0020 kg/GJ	0.0030 kg/GJ	
N ₂ O Emissions Factor	0.0010 kg/GJ	0.0030 kg/GJ	0.0020 kg/GJ	
T&D Losses	10%	10%	10%	
Generation Mix Percentage (GM%)	17%	15%	68%	

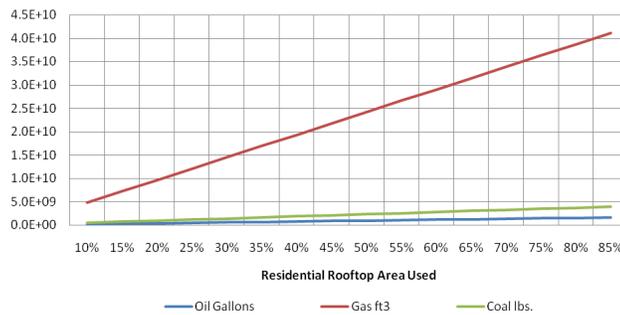


Fig. 5. Potential Annual Residential Roof Area Fuel Use Reductions.

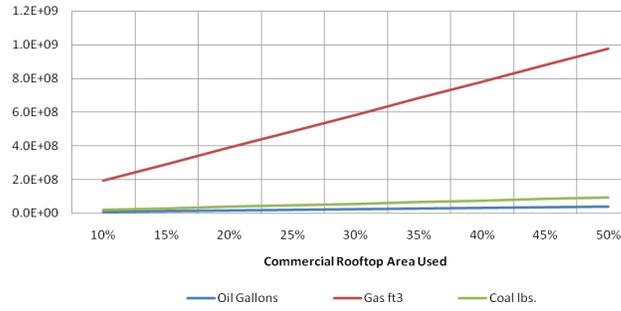


Fig. 6. Potential Annual Commercial Roof Area Fuel Use Reductions.

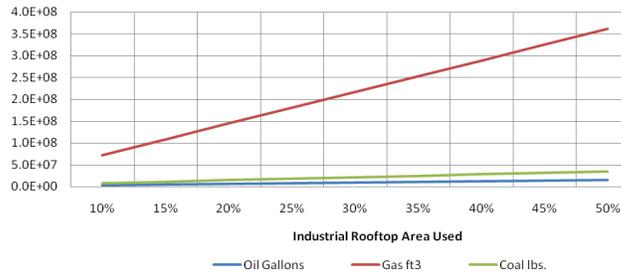


Fig. 7. Potential Annual Industrial Roof Area Fuel Use Reductions.

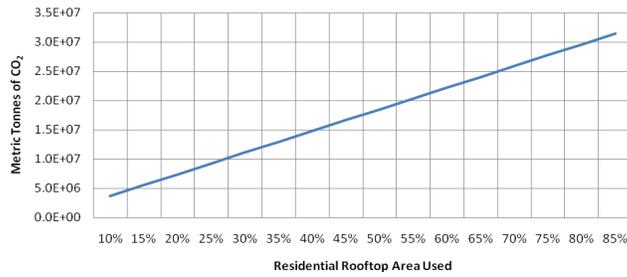


Fig. 8. Estimated GHG Reduction Potential for the Available Residential Roof Area.

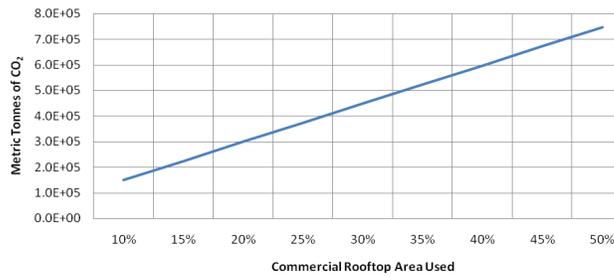


Fig. 9. Estimated GHG Reduction Potential for the Available Commercial Roof Area.

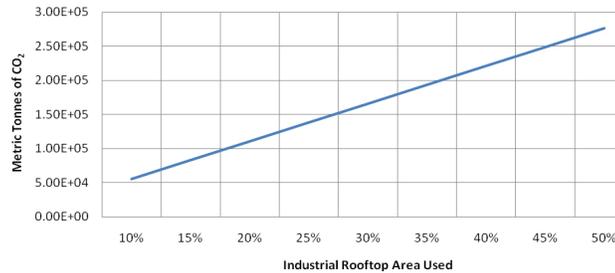


Fig. 10. Estimated GHG Reduction Potential for the Available Industrial Roof Area.

Conclusions

Theoretically, the island's energy demand can be easily displaced using a fraction of the available residential rooftop area available. According to the available data, preliminary penetration limits could be established based on the energy requirements of each sector (36%, 43% and 21% of total generation respectively for residential, commercial and industrial customers). Using 25% of the available rooftop in the residential sector would yield the energy needs of that sector. In the case of industrial and commercial spaces the whole available area could be used without displacing the whole energy consumption of each sector. An estimated 949 MW could be installed in commercial rooftops and 351 MW in industrial rooftops if the whole available estimated rooftop resource is used. The island clearly has the "roof resources" to supply its own energy demand, yet the great quantity of PV modules necessary to supply this demand and the high capital cost associated to this new infrastructure will certainly limit the penetration of this technology. A proper methodology must be established to progressively build PV capacity in the Island. Current work being performed at UPRM includes:

- An analysis to determine appropriate limits for PV penetration in the island given the operational constraints of the island electrical grid.
- Determine appropriate levels for renewable energy incentives.
- Identify the necessary supplemental technology needed under a high penetration scenario.
- Determine realistic targets for PV penetration and incorporate them into PREPA's short and long range plans.

Acknowledgment

This work was supported by the Puerto Rico Energy Affairs Authority under contract 2008-132009 "Achievable Renewable Energy Targets For Puerto Rico's Renewable Energy Portfolio Standard," 2007-2008. The authors acknowledge Dr. Agustin Irizarry from UPRM for providing valuable comments and help for this paper.

References

- [1] L. Feliciano, A. Sosa, J. Dumeng, A. Irizarry, "Solar Resource in Puerto Rico," Achievable Renewable Energy Targets For Puerto Rico's Renewable Energy Portfolio Standard, Report to the Puerto Rico Energy Affairs Administration, December 2008.
- [2] S.M. Marxuach, "Restructuring the Puerto Rico Electricity Sector", Center for the New Economy, San Juan, P.R., White Paper No. 3 ,2005.
- [3] Puerto Rico Electric Power Authority website, Available at <http://www.prepa.com> . Accessed on January 2008.
- [4] Puerto Rico Electric Power Authority, "Official Statement of the Puerto Rico Electric Power Authority", prepared in connection with the public offering of \$557,410,000 Power Revenue Bonds, Series VV, dated May 2007. [Online]. Available at: <http://emma-system.org/MS235188-1.pdf>.
- [5] J. I. Alameda Lozada, "Las Energías Renovables: ¿Solución a la Crisis Económica?, Seminario de Energía: Opciones Energéticas para el Comercio, 24 de Abril 2008.
- [6] C.A. Ramos-Robles, "Determination of Favorable Conditions for the Development of a Wind Power Farm in Puerto Rico", Master of Science Thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, 2005.
- [7] Puerto Rico Net Metering Law Number 114, August 2007.
- [8] Puerto Rico Industrial Incentives Law, May 2008.
- [9] Puerto Rico Solar Energy Incentives Law, August 2008.
- [10] Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, "Reglamento para la Interconexión de Generadores con el Sistema de Distribución Eléctrica (propuesta)", Available [online] at <http://www.prepa.com/>. Accessed on April 2008.
- [11] Energy Information Administration website, Available at <http://www.eia.doe.gov> . Accessed on June 2008.
- [12] P. Komor, "Renewable Energy Policy", iUniverse Inc., New York, 2004.
- [13] Puerto Rican Census website, Available at <http://www.gobierno.pr/Censo/> . Accessed on November 2007.
- [14] Puerto Rican Government website, Available at <http://www.gobierno.pr> . Accessed on December 2007.
- [15] C. Marquez, F. Ryan, "New Fomento Open for Business", Caribbean Business, Thursday, April 12, 2007. Available at <http://www.pridco.org/> . Accessed on November 2007.
- [16] T. Markvart, L. Castañer, "Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications" Oxford:Elsevier Advanced Technology, 2003
- [17] A. Luque, S. Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", Wiley, New York (2003)
- [18] "Estimating PV System Size and Cost", [Online]. Available: www.InfinitePower.org. Accessed on April 2007.

- [19] J.A. Duffie, W.A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", 3rd edition Wiley, New York (2006).
- [20] H.P. Ladner-Garcia, E. O'Neill-Carrillo, "Demonstrative PV Systems for an Isolated System", in Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Power and Energy Systems, 2008
- [21] Grid-connected Photovoltaic Power Systems: Survey of Inverter and Related Protection Equipments, Task V, Report IEA PVPS T5-05: 2002
- [22] "RETScreen Software Online User Manual: Photovoltaic Project Model", [Online]. Available at www.etscreen.net. Accessed on June 2008.
- [23] "Clean Energy Project Analysis: RETSCREEN® Engineering & Cases Textbook", [Online]. Available at: www.etscreen.net. Accessed on June 2008.
- [24] RETScreen International, Clean Energy Decision Support Center, "Photovoltaic Project Analysis", Minister of Natural Resources Canada 2001-2004.
- [25] Surface meteorology and Solar Energy: A renewable energy resource web site (release 6.0), Available at: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [26] J. Wood, B. F. Wollenberg, "Power Generation Operation and Control," Wiley Interscience, Second Edition, 1996.
- [27] J. W. Bartok, "Approximate Heating Value of Common Fuels", December 2004, [Online]. Available at <http://www.hrt.msu.edu/Energy/pdf/Heating%20Value%20of%20Common%20Fuels.pdf>.

Crónica de una Muerte Energética Anunciada

Parte I: 1941-1990

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

García Márquez escribió una novela con un título parecido a este artículo, narrando los eventos que llevaron a la muerte del personaje principal. Este artículo intenta hacer una crónica de algunos, no todos, los avisos que hemos tenido acerca de nuestro futuro energético, con la esperanza de que podamos evitar terribles consecuencias para el bienestar de la Isla. Este artículo busca además, proveer algunas referencias históricas a considerar por el nuevo comité de política pública energética, creado por la orden ejecutiva OE-2009-23 del Gobernador Luis Fortuño el 21 de julio de 2009.

Se crea en 1941 la Autoridad de Fuentes Fluviales, hoy la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). La AEE tiene amplios poderes en su ley orgánica, necesarios para lograr levantar la infraestructura que sirvió de apoyo a los planes de desarrollo socio-económico del siglo pasado (ej. Operación Manos a la Obra). Es innegable la vital contribución de la AEE en el desarrollo económico de PR durante el siglo XX. Bajo la presunción de “petróleo barato” se adquiere, construye y mantiene una infraestructura que al día de hoy depende en su mayoría de derivados de petróleo, aunque ya el petróleo no es ni volverá a ser barato (en el sentido económico, es debatible si alguna vez lo fue en el sentido social o ambiental).

Se comienza la construcción de la CORCO en Peñuelas en los años 50. Se presume que el área Sur será la de mayor crecimiento, y por ende con mayor demanda de electricidad, y se establecen en el Sur lo que hasta el día son las plantas más grandes del sistema eléctrico de PR: Aguirre y Costa Sur.

En 1957 termina el servicio de tren en PR de San Juan a Ponce vía Mayagüez, se entendía que esta infraestructura era “obsoleta” y que los autos eran el futuro de la transportación. Se construye y mantiene una infraestructura vial que conecta toda la Isla.

El pico de producción de petróleo en EEUU ocurre en 1970; tres años después el mundo comienza a darse cuenta con el embargo de la OPEP de lo incorrecta que es la presunción de petróleo barato.

En 1971, y como parte del proceso de nueva reglamentación federal ambiental, el Gobernador Luis A. Ferré expresaba que la protección ambiental era esencial para obtener el desarrollo económico: “podremos lograr tanto la calidad ambiental como la cantidad de producción de bienes materiales conscientes de que no se puede lograr una sin la otra.” Debemos preguntarnos si en los pasados 38 años realmente hemos logrado ese balance al que se aspiraba.

En 1974 ocurre la última revisión del acuerdo marco con los bonistas de la AEE. Este documento provee las guías, deberes y derechos que existen entre la AEE y los bonistas que han financiado la infraestructura de energía eléctrica en la Isla.

El Dr. Juan Rigau (Director de la Oficina de Combustibles de Fomento, precursora de la Oficina de Energía) escribe varios artículos en 1975 en los que destaca que en PR no se entiende lo que es una economía petrolera, y levanta su voz acerca del efecto de la “dependencia en energía importada, el efecto de los precios de la energía y el desmedido consumo de gasolina.” Comentaba la necesidad de desarrollar una verdadera política de ahorro de energía que estimule el logro de una mayor eficiencia y eficacia en el uso de los recursos. ¿Tendrán estas palabras alguna relevancia con la realidad en el 2009?

En 1977 se crea la Oficina de Energía. Luego pasa en 1990 a DACO, en 1993 al DRNA (nuevo nombre, Administración de Asuntos de Energía), y en 2008 al DDEC (nuevo nombre, Administración de Asuntos Energéticos). La inestabilidad de esta dependencia, junto a su falta de recursos, han impedido que cumpla efectivamente con su deber ministerial de implantar, revisar y velar por la política pública energética de PR. La falta *de facto* de un ente coordinador de energía es una de las causas de la fragmentación del asunto energético en PR, donde ni el sector eléctrico, ni el sector de combustibles ni el sector de transportación reciben la atención holística-energética de ningún ente con autoridad y poder decisonal en la Isla.

La Academia Nacional de las Ciencias de EEUU publica en 1980 un informe donde propone que PR debe convertirse en un “laboratorio y ejemplo internacional de energía renovable” Esto no ocurrió en la Isla mientras en otros lugares está ocurriendo (en 2008 Hawaii anuncia su plan para el 2030 donde 70% de sus necesidades de energía provendrá de ahorro y eficiencia energética y uso de fuentes renovables).

Cierra la CORCO sus operaciones como refinería en 1982. Las promesas de crear 100,000 empleos nunca fueron realidad, llegando sólo a 30,000 en su momento pico. Hoy queda un legado de chatarra y contaminación como evidencia de estrategias que tuvieron

algún éxito a corto y mediano plazo, pero fallidas a largo plazo y con consecuencias no-intencionadas que sufrimos hoy.

Don Pedro Gelabert publica en 1987 su artículo “Perfección Ambiental” donde propone para Puerto Rico una política pública de desarrollo sostenible y una nueva ética ambiental. La sostenibilidad pretende que el uso actual de recursos naturales ocurra de manera que las futuras generaciones tengan también recursos naturales para satisfacer sus necesidades básicas.

En 1988 el Director de la Oficina de Energía Lewis Smith distribuye un plan, combustible por combustible, de cómo Puerto Rico podría sustituir totalmente el petróleo en la generación de electricidad en 20 años, o sea para el 2008. Esto como sabemos, no ocurrió y hoy cargamos con las consecuencias.

Crónica de una Muerte Energética Anunciada

Parte II: 1990-2008

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

Esta es la segunda parte de un recuento de avisos históricos, y oportunidades perdidas en el área de energía en Puerto Rico que señalan el camino hacia una virtual crisis permanente o “muerte energética”. Este repaso histórico pretende motivar un diálogo serio, profundo y participativo del futuro energético de la Isla, ya que “aquellos que no recuerdan su pasado, están condenados a repetirlo” (Santayana).

La política pública energética de PR de 1993 en su momento fue un gran logro dado que todas las agencias concernidas con el asunto energético de PR se pusieron de acuerdo y firmaron la misma. El problema como con otros asuntos de la Isla, fue la falta de seguimiento y revisión de la misma aún cuando por ley esta revisión era requerida. Es urgente una nueva política pública energética, que atienda los defectos y que no corra la misma suerte y olvido de la política pública del 93.

Para 1998 se comienza la construcción en PR de la primera de dos cogeneradoras de energía eléctrica, 20 años después que la ley federal PURPA de 1978 obligara a las compañías eléctricas a comprar a productores independientes al costo evitado. La AEE no tenía otra opción que aceptar en su sistema estas plantas, pues era un mandato federal. Esta ha sido la única estrategia real y efectiva de diversificación de combustibles en PR. Sin embargo, ninguna de las dos plantas usan fuentes de energía renovable.

La Ley de Desarrollo Sostenible de PR de 2004 (ley 267) presenta “una nueva visión que tome en consideración el ambiente y los recursos naturales” para “apoyar que nuestro desarrollo económico continúe, pero en forma sostenible, para asegurarnos de que el costo de ese desarrollo no sea la excesiva degradación y destrucción del ambiente y los recursos naturales o la injusticia social.” Esto fue un paso en la dirección correcta, pero resultó inefectivo, dado que nunca se ha implementado ni se han provisto los recursos para que el desarrollo sostenible sea verdaderamente el principio rector de la planificación y gobierno de PR. Existe un proyecto de ley en el Senado para pasar la responsabilidad de implementación de esta ley a la Junta de Planificación. Está por verse si este cambio logra que esta ley cobre vida, dado que ha estado muerta desde su nacimiento hace 5 años.

Con el “Energy Policy Act” (EPAc) de 2005 el Congreso *obliga* a las compañías eléctricas a que consideren estrategias de medición neta, medición inteligente (“smart meters”) y diversificación de combustibles. En el 2007 el Congreso aprueba el “Energy Independence and Security Act”, un mandato federal para reducir la vulnerabilidad energética que incluye la filosofía de “smart grids” para reformar los sistemas eléctricos en EEUU, con aplicabilidad a Puerto Rico. Bajo el EPAc 2005 la AEE acepta en el 2008 la medición neta, pero rechaza la medición inteligente. Esta última puede brindar mayor información y participación a los clientes, y es fundamental en la filosofía de “smart grids” un movimiento hacia la modernización de los sistemas eléctricos a nivel mundial.

En el verano de 2008 el barril de petróleo pasó los \$147. La energía eléctrica pasó los 30 centavos el kWh a nivel residencial y comercial. Un año después, hemos olvidado aquella crisis y por ende, el reclamo de atender el asunto energético ha desaparecido con unas pocas excepciones. Hasta la próxima crisis. Seguimos esperando que las soluciones vengan de afuera, como por arte de magia.

Hoy día, muchos lamentamos acciones e inacciones pasadas en el tema energético, decisiones tomadas con presunciones erróneas, oportunidades perdidas. Todos cargamos con las consecuencias hoy de aquella decisión hace 50 años de eliminar el tren. Todos cargamos con la decisión tomada hace unos 40 años, de apostar demasiado al desarrollo de la industria petroquímica en PR. Dado que tenemos estos ejemplos del pasado, y que las decisiones energéticas se toman bajo condiciones de mucha incertidumbre y con consecuencias futuras desconocidas, ¿Por qué no intentar minimizar las consecuencias no-intencionadas a través de una participación ciudadana amplia en esas decisiones fundamentales de energía? ¿Por qué seguir con estilos anacrónicos de toma de decisiones por unos pocos o para beneficiar a uno u otro sector en menoscabo usualmente de los sectores más vulnerables? Una mayor participación ciudadana provee diversos puntos de vista que enriquecen el proceso de toma de decisiones. De esa forma, no sólo se reducen los efectos negativos al lograr el insumo y consideración de una variedad de perspectivas y experiencias, sino que se comparten los beneficios, responsabilidades y consecuencias de tales decisiones. Podemos además incluir como objetivo en las decisiones de hoy el reducir nuestro impacto en el futuro, para que les dejemos a nuestros hijos y nietos un legado positivo con el que enfrenten los retos que les depara su propio futuro, y no la carga que le dejemos nosotros desde nuestro presente. Aún cuando en nuestro presente estemos cargando con las consecuencias de algunas de las decisiones de nuestros antecesores.

Crónica de un Renacer Energético Soñado

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

El costo de la energía eléctrica y la gasolina no son la causa problema energético de la Isla, son *efectos* del problema mayor de un nuestra dependencia de combustibles fósiles, y nuestros patrones de malgasto y derroche de energía. Esta dependencia es muy perjudicial para todos en la Isla, sin embargo no tenemos una estrategia amplia y organizada, que sobreviva los cambios y controversias político-partidistas, que vaya por encima de la pelea constante, del debate público temporal, superficial y adversarial.

¿Sabemos en PR lo que son redes inteligentes (“smart grids”), programas de respuesta de la demanda, biocombustibles? Estos temas son parte de la visión de los sistemas de energía a nivel mundial, con oportunidades disponibles para hacer investigación y proyectos de prueba, y nada de esto se discute ampliamente en PR. No hay espacios para tener discusiones serias, multi-sectoriales, inclusivas, y continuas de los temas que acaparan atención mundial y que, queramos o no, van a tocarnos en algún momento. Está en nosotros decidir si somos proactivos y nos preparamos para atender estos temas de manera apropiada, o si las estrategias nos llegarán impuestas sin entender las realidades de la Isla, sin la posibilidad de sacarles el máximo provecho o de atender lo mejor posible posibles consecuencias negativas a largo plazo de cada estrategia ANTES de implantarlas.

Todas las eras o épocas terminan. Por más que queramos aferrarnos al presente, el cambio llega; es inevitable. Podemos cerrar nuestros ojos, desear que todo quede igual, que los días no pasen, y el cambio va a llegar. Hay que preguntarnos si vamos sólo a reaccionar al cambio, o si vamos a ser entes activos en crear las condiciones para que el cambio sea una oportunidad de mejorar en lugar de una mala jugada del destino. Por otro lado, tampoco podemos de “golpe y porrazo” echar a un lado lo que hemos heredado, infraestructura, entidades y organizaciones sólo para dar paso al “cambio” o aprovechar fondos que estén disponibles a corto plazo. Si aceptamos que debe haber un cambio, entonces debemos TODOS trabajar para que ese cambio ocurra a través de una transición ordenada, que tenga sentido económico, social y ambiental, y que sea lo más justa posible para todos. Que no se le “pase el rolo” a ningún sector, especialmente a aquellos con poco o ningún poder o influencia política o económica. Que todo sector sea escuchado y sea partícipe de los procesos de decisiones y de creación de futuro.

El dilema energético, aunque complejo, representa una oportunidad de establecer un estilo diferente de tratar los asuntos públicos de la Isla y dejar un legado positivo. En ese proceso, no tenemos que predecir el futuro, sólo hacerlo posible (Antoine de Saint-Exupéry). Es urgente

comenzar a pensar y trabajar para dejarle un legado positivo a las generaciones futuras. Estas “generaciones futuras” no son algo abstracto o inexistente, cualquiera que tenga un(a) hij(a), nieto(a), sobrino(a) de menos de 10 años, está viendo la generación futura. Ayudemos y démosle a nuestros hij@s las herramientas para que escriban su “Crónica de un Renacer Energético” donde digan que el periodo de 2009 a 2012 fue el comienzo de la transición hacia estrategias y tecnologías de energía **sostenible** que hizo a Puerto Rico menos vulnerable a eventos mundiales, con procesos participativos que incluyen representantes de todos los sectores, logrando un verdadero balance entre los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales, dentro de la capacidad de acarreo y las limitaciones naturales de la Isla y el planeta. Que puedan decir que la AEE pasó a ser verdaderamente de tod@s l@s puertorriqueñ@s, no de un sector en particular. Que escriban que en ese periodo comenzamos a mirar alternativas de transportación que redujeron nuestro impacto ambiental, que se comenzaron esfuerzos masivos y agresivos de conservación y eficiencia energética y uso de energía renovable que redujeron las importaciones de combustibles fósiles y fueron motor de desarrollo socio-económico-ambiental. Que de 2009 a 2012 se implantó una política pública energética efectiva, transparente y con participación ciudadana, coordinada por un nuevo ente ágil y efectivo que atendía de manera holística y coherente la situación energética de la Isla (transportación, electricidad, combustibles).

¿Defendemos lo que existe ahora, o nos unimos para crear el futuro que deseamos y que merecen nuestro@s hij@s y niet@s? (Peter Senge). Falta el compromiso multi-sectorial para darle continuidad y lograr la masa crítica para apoyar los esfuerzos de renovación energética con participación amplia de todos los sectores, que al final del día, van a correr con los costos y beneficios de las estrategias energéticas que establezcamos en PR. Aunque al final del día las personas electas tomen la decisión final, esa decisión debe basarse y tomar en cuenta las preocupaciones amplias del pueblo puertorriqueño. La UPR, la universidad de tod@s los puertorriqueñ@s, se propone como el lugar ideal para un encuentro multi-sectorial que viabilice los acuerdos que requiere ese futuro soñado.

La historia de la humanidad está llena de ejemplos donde se tomaron decisiones que probaron ser fundamentales en el futuro de sociedades pasadas. Lo triste en muchos casos, es no darse cuenta en **esos** momentos de la importancia de los mismos. Puerto Rico enfrenta un momento crucial en el desarrollo de sus recursos energéticos. Las decisiones energéticas que debemos tomar en PR hoy son decisiones fundamentales, ya no se aguanta ni un parcho más (ej. soluciones temporeras o leyes inefectivas). Hay que pausar por un momento, mirar y entender la complejidad del asunto; como una decisión en un área afecta otras áreas, y tiene consecuencias en otros sectores. No podemos “desvestir un santo para vestir otro”. Es fundamental establecer nexos funcionales el gobierno, la industria, el comercio, organizaciones no-gubernamentales (“NGOs”) y la ciudadanía, a través de los cuales pasemos de una relación adversarial a una colaborativa, que pasemos de la desconfianza mutua a un compromiso serio y duradero por el bien común, por el bienestar social, ambiental y económico de Puerto Rico.

¿Imposible? Claro, si no damos el primer paso, si no comenzamos, seguro que es imposible. Imposible era que el ser humano volara, llegar a la Luna, ganarle al “Dream Team”... Vivimos muchos puertorriqueñ@s convencid@s que nos espera un futuro diferente, un futuro que hemos soñado, que nos une en pensamiento y propósito, y en el que trabajamos todos los días, a pesar de todo lo que pretende obstaculizar la transición fuera de la dependencia de recursos energéticos foráneos y contaminantes. El futuro hay que soñarlo primero, darle forma colaborando de manera multi-sectorial y trabajarlo todos los días para hacerlo una realidad. Trabajemos.

CAPECO y Nuestra Dependencia del Petróleo

Dr. Efraín O'Neill Carrillo, PE

El precio del petróleo otra vez ronda los \$80. Fuego en las facilidades de CAPECO. Estas noticias requieren que cuestionemos nuestra total dependencia de combustibles fósiles, especialmente de derivados de petróleo.

El fuego en CAPECO pone en evidencia el riesgo y el costo económico, social y ambiental de nuestra dependencia de combustibles fósiles. Nos impactó ver tanto combustible quemándose en la noche. Sin embargo, lo que no discutimos es que todos los días quemamos combustible, en nuestros carros y en las centrales eléctricas, con un daño económico, social y ambiental aún mayor. Cada vez que llegamos a nuestras casas y prendemos la luz, o nos montamos en nuestros carros, estamos quemando combustible, quemando dinero que se va fuera de PR, con un costo social y ambiental que no está incluido en lo que pagamos de luz o de gasolina, y que lo pagamos todos en degradación ambiental y deterioro en la salud.

Pero como el daño es en cantidades “aceptables” no causa el revuelo que vemos hoy. Casi siempre esperamos a que explote un problema, a veces de manera literal, para actuar sobre el mismo. Tampoco pensamos en lo vulnerables y la poca seguridad energética que tenemos al ser una isla y depender de combustibles extranjeros. Tenemos muy poca capacidad de anticipar los problemas y planificar de manera integrada, mirando no sólo el presente sino el futuro y como una decisión impacta otras áreas.

Puerto Rico (y otras sociedades en el Mundo) desarrolló en el siglo XX una adicción al petróleo. Nuestro estilo de vida, nuestros patrones de consumo, nuestro desarrollo socio-económico depende de la transportación y la energía eléctrica, que a su vez dependen del petróleo. Y esta dependencia, a corto, mediano y largo plazo es inevitable. Sin embargo, ¿no es tiempo ya de comenzar agresivamente el movimiento a otro modelo energético donde usemos al máximo posible la conservación, la eficiencia y las fuentes de energía renovable? A pesar de que contamos con suficientes recursos renovables para satisfacer el 100% de nuestra demanda energética, estos NO parean con nuestros estilos de vida ni con nuestros niveles de consumo de energía. Sin embargo, otros lugares han puesto metas

agresivas para romper con su dependencia de combustibles fósiles. Hawaii por ejemplo, tiene como meta que un 70% de sus necesidades energéticas se satisfagan con recursos renovables, conservación y eficiencia energética. ¿Cuál es nuestra meta realista? ¿Qué cambios estamos dispuestos a realizar todos para ajustar nuestro uso de energía a la disponibilidad de recursos renovables? ¿En cuál foro y de qué manera vamos a tener la conversación amplia, seria y profunda para movernos en una misma dirección? La falta de un espacio, un foro o ente coordinador de energía es una de las causas de la fragmentación del asunto energético en PR, donde ni el sector eléctrico, ni el sector de combustibles ni el sector de transportación reciben la atención integrada necesaria. Acabamos con decisiones que son parchos temporeros, y cruzamos los dedos para que el parcho aguante, o para que lleguen fondos de algún lugar, o para que no explote el problema en nuestro cuatrienio.

Hoy día, muchos lamentamos acciones e inacciones pasadas en el tema energético, decisiones tomadas con presunciones erróneas, oportunidades perdidas. Dado que tenemos ejemplos del pasado, y que las decisiones energéticas se toman bajo condiciones de mucha incertidumbre y con consecuencias futuras desconocidas, ¿Por qué no intentar minimizar las consecuencias no-intencionadas a través de una participación ciudadana amplia en esas decisiones fundamentales de energía? Una mayor participación ciudadana provee diversos puntos de vista que enriquecen el proceso de toma de decisiones. De esa forma, no sólo se reducen los efectos negativos al lograr el insumo y consideración de una variedad de perspectivas y experiencias, sino que se comparten los beneficios, responsabilidades y consecuencias de tales decisiones.

Se Acaba el Petróleo Barato

Dr. Agustín A. Irizarry Rivera, PE

El sector eléctrico de Puerto Rico fue diseñado, y actualmente opera, alrededor de un modelo de petróleo barato y abundante. Uno de sus propósitos principales es respaldar un modelo económico centrado en manufactura que usa como estrategia central el darle incentivos contributivos a la industria, mayormente capital externo a Puerto Rico, para crear y mantener empleos.

Estos empleos se supone activen una economía basada y organizada alrededor del consumo de bienes baratos y abundantes cuya producción también se sostiene sobre la disponibilidad de petróleo barato y abundante.

Este modelo económico y nuestro sistema eléctrico, tuvieron sus inicios en la década del 40. Son más de 60 años cavando el agujero en el que nos encontramos y opino que no saldremos del mismo en meses o pocos años.

¿Nos inventamos este modelo nosotros en Puerto Rico? No. El problema lo creamos al seguir sin contemplaciones el ejemplo de los EEUU y naciones europeas.

El primer pozo de petróleo en los EEUU se taladró en 1859, seguido del establecimiento de grandes campos de pozos de petróleo en Pennsylvania, Ohio, Texas y Oklahoma, estos últimos en 1901. La política aislacionista de los EEUU impide que usen su ventaja tecnológica para buscar y explotar yacimientos de petróleo fuera de los EEUU.

En Persia (hoy Irán) se conocían “ojos de petróleo” desde hace miles de años. Un ojo de petróleo es un agujero por el que sale petróleo del suelo y se forma un charco o estanque. Y los británicos no eran aislacionistas. En 1901 W. Darcy le compró al gobierno persa una concesión para explorar, extraer y vender petróleo.

No es hasta 1944 (II Guerra Mundial y un EEUU no aislacionista) que geólogos de los EEUU exploran y valoran el petróleo del Medio Oriente. Entonces al menos el 60% del petróleo usado por los Aliados en la guerra provenía de EEUU. Cuando Roosevelt habló del “arsenal de la democracia” no sólo hablaba de armas. El Medio Oriente producía menos del 5% del petróleo que se consumía en el Mundo.

Con el hallazgo de abundantes reservas de petróleo en el Medio Oriente las naciones industrializadas encontraron lo que parecía una fuente interminable de energía para potenciar su crecimiento, un espejismo propio de las Mil y Una Noches.

Ese petróleo barato y abundante provocó una gran dependencia de artefactos más ávidos de energía (más consumo eléctrico) y de motores de combustión interna. Esta industrialización nos proveyó de un “alto estándar de vida” basado en una casi total dependencia en este petróleo barato y abundante, nuestro talón de Aquiles.

Hoy en Puerto Rico deseamos resultados diferentes a los que actualmente obtenemos pero sin que tengamos cambios. O al menos sin que tenga que cambiar mi sector, que cambie otro. El diccionario define “locura” como: “Trastorno o perturbación de

las facultades mentales de una persona". También se podría definir como "aspirar a resultados diferentes haciendo lo mismo que estamos haciendo actualmente".

En Puerto Rico no estamos dispuestos a aceptar que lo que se fracturó es el diseño y operación de un modelo económico, político, social y tecnológico construido sobre petróleo barato y abundante.

Necesitamos construir un nuevo estilo de vida basado en las fuentes de energía que poseemos. Los recursos energéticos endógenos de Puerto Rico son: conservación, eficiencia, rediseño y reutilización de la infraestructura existente, y la generación de electricidad usando el sol, viento, océano y biomasa.

Lo más difícil es "*construir un nuevo estilo de vida*" pues eso nos toca a todos y nos tenemos que poner de acuerdo.

¿Hace falta desesperarse? No creo. Los romanos quemaron la Gran Biblioteca de Alejandría y los humanos llegamos a la luna. Son muchos años cavando el agujero. Es hora de comenzar a salir del mismo de forma racional y sin pararnos sobre el otro tratando de salir.

Social Acceptance to the Installation of Wind Turbines in Bacardí, Cataño, PR

Dr. Marla Pérez-Ortiz & Dr. Cecilio Ortiz García

Executive Summary

The purpose of this project was to collect data on known important variables associated to a community's tolerance to the installation of two wind turbines in the Bacardi facilities. As requested by Aspenall Energies, LLC, UPRM-ITEAS developed and administered a survey among a random sample of community members to measure social acceptance to a wind energy project among the community surrounding the Bacardi Distillery in Cataño, PR. The data was collected between the months of June and July of 2009. The target population was composed of all adults permanently residing in three residential areas neighboring the Bacardi facilities in Cataño. Eighty one (81) participants were selected. The research team completed 81 face to face structured interviews out of a stratified systematic sample of 150 (response rate 54%). This report provides the information necessary to develop the community education and participation strategy that could contribute to the project's success.

Our sample compares to Catano's and Puerto Rico's population in their demographic characteristics. The three main differences are that our sample is older, with higher education levels but lower incomes. Our results can be summarized in the following main eight points:

- 1) Enjoyment of the local landscape and aversion to disturbances of tranquility and passive recreation.
- 2) High perceived knowledge
- 3) Positive bias towards solar energy technology
- 4) Preference towards the development of solar projects in their neighborhood over other types of energy sources.

- 5) Preference towards direct communication between the developer and the community, supported by the local government, through community meetings in their neighborhood during the work week evenings.
- 6) Preference towards early and constant community involvement in the decision-making process with the support of independent experts to represent the community's interest.
- 7) Agreement with compensation and/or profit sharing schemes in conflictive projects.
- 8) Low trust in government and lack of affiliation to civil society.

Based on those findings, we recommend an outreach strategy that includes:

- a) Consideration of issues related to disturbances to the community's enjoyment of the local landscape and tranquility that may arise during the installation process.
- b) Recognize high levels of knowledge about energy among community members
- c) To use solar energy as the "measuring stick" when conveying information on wind energy focusing on the pros and cons of wind in comparison to solar.
- d) To aid the development of micro and domestic solar energy projects among community members.
- e) Direct communication between the developer and the community, through community meetings during the work week evenings.
- f) Early and constant community involvement in the decision-making process and to facilitate the community's access independent experts to represent the community's interest
- g) To contemplate compensation and/or profit sharing schemes.
- h) To directly address government and developers capacity in considering and protecting community's interest.

Comentarios acerca del Informe del Oficial Examinador de las Vistas Públicas de la AEE “Consideración de los Estándares del EISA 2007: Integrated Resource Planning, Rate Design Modifications to Promote Energy Efficiency Investments, Consideration of Smart Grid Investments and Smart Grid Information”

29 de octubre de 2009

Dr. Efraín O’Neill Carrillo, PE

Introducción

En términos generales el contenido del Informe del Oficial Examinador (OE) de las Vistas Públicas del Informe de la AEE “Consideración de los Estándares del EISA 2007: Integrated Resource Planning, Rate Design Modifications to Promote Energy Efficiency Investments, Consideration of Smart Grid Investments and Smart Grid Information” representa un paso importante en la dirección correcta para lograr la reforma profunda que le requieren y le reclaman diversos sectores a la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). El seguir “integrated resource planning” (estrategias que no son nuevas en sistemas de potencia), el que la AEE promueva entre sus usuarios la eficiencia energética y la inversión en tecnologías para mayor información al cliente y redes inteligentes (“smart grids”) son elementos esenciales para atender los retos tecnológicos, económicos, ambientales y sociales que encara Puerto Rico en cuanto a su sistema eléctrico.

Es importante señalar que NO debemos cometer el error de pensar que los “smart grids” sólo representan tecnología. Estos “smart grids”, nombre que usualmente se le da a un conjunto de tecnologías muchas de las cuales llevan en sistemas de potencia años y hasta décadas, representan una oportunidad de repensar los sistemas de potencia a nivel mundial. Existen esfuerzos de smart grids en muchas partes del Mundo: EEUU, Europa, Asia. Este cambio filosófico de lograr una red inteligente, donde la información fluya, con alta capacidad de reponerse a cambios abruptos en la red eléctrica, es una oportunidad de

lograr la capacidad de ser Pro-activos en lugar de Re-activos en cuanto al sistema eléctrico del Pueblo de Puerto Rico. Y esa capacidad no es sólo capacidad tecnológica, es lograr una mayor capacidad social que aporte a una mejor calidad de vida para tod@s l@s puertorriqueñ@s y se requiere inteligencia en procesos, participación ciudadana, personal de la AEE, consumidores, instituciones, todos los sectores. Es en resumen, un posible marco para renovar el sistema eléctrico. El cambio viene, queramos o no. Es mejor estar preparados e influenciar ese cambio, que resistir lo inevitable y que se nos imponga desde afuera por personas o eventos que no controlamos (ej. los precios de los combustibles fósiles).

Mientras en otros lugares se habla de de-regulación y re-regulación, PR tiene una oportunidad única de re-inventar su sistema eléctrico para beneficio de todos, no de unos pocos. La AEE, de la que somos todos dueños en PR, debe entrar con la participación de todos, en un proceso de evaluación abarcadora y holística del estado actual y posible futuros para el sistema eléctrico. En otros lugares del Mundo esa evaluación fue difícil pues había múltiples dueños e intereses e inversiones hechas bajo esquemas regulatorios anteriores. En nuestro caso todo, infraestructura, deuda, equipos, es del pueblo de PR, y podemos como pueblo decidir como mejor nos conviene a todos manejarla a la luz de los retos actuales y futuros. Trabajemos todos los sectores de la sociedad puertorriqueña para que tanto los beneficios como las responsabilidades de nuestro futuro sistema eléctrico se distribuyan justamente.

Comentarios Específicos del Informe del Oficial Examinador (OE)

Estoy de acuerdo con el OE en el planteamiento de la necesidad de revisar la aplicabilidad de reglamentos o estándares generados en un contexto distinto al de Puerto Rico. Se debe ejercer cautela, especialmente considerando que el sistema de EEUU es uno altamente interconectado mientras el nuestro es uno aislado. De ese mismo modo es importante resaltar que el EISA hace referencia a la “oficina estatal de energía” para atender los requerimientos de la ley. Se ha racionalizado que la reacción al EISA 2007 debe ser por parte de la AEE. No estoy en desacuerdo, pero cabe señalar que esta diferencia con la norma regulatoria en EEUU y otras partes del Mundo es una que no beneficia a Puerto Rico. Por ley la Administración de Asuntos Energéticos es la dependencia encargada de velar por la política pública energética de PR. Por diversas razones esta agencia no ha logrado históricamente cumplir cabalmente con ese rol. Dada esa realidad y por los poderes otorgados en su ley orgánica, la AEE asume el rol de planificar y tomar decisiones acerca del sistema eléctrico de PR, convirtiéndose *de facto* en ente que formula y ejecuta política

pública energética en el área de energía eléctrica. Este modelo pudo ser bueno para Puerto Rico en los años 40, 50 y 60 pero no necesariamente sigue teniendo relevancia en el 2009. En los años 40 cuando se crea la Autoridad de Fuentes Fluviales (AFF) esta estructura viabilizaba los planes de desarrollo económico de entonces. Pero hoy día, ante una sociedad cada vez más heterogénea, que reclama más participación y transparencia, ante visiones diversas del futuro de la energía eléctrica, es importante evaluar estructuras regulatorias más a tono con las realidades y oportunidades que existen en sistemas de potencia. Este mismo proceso de evaluación del EISA 2007 (vistas públicas por la AEE, un informe del OE contratado por la AEE, decisión final de la Junta de la AEE) es indicativo de la necesidad de una revisión estructural y organizacional del manejo de la energía eléctrica en PR.

Estoy en desacuerdo con el planteamiento de que actualmente la AEE en sus tarifas motiva al cliente a ser eficientes. En las tarifas residenciales, por ejemplo, después de un umbral de consumo el precio por kWh aumenta. El tener este tipo de tarifa no sustenta el argumento de la AEE, dado que realmente lo que motiva al cliente a dejar de consumir NO ES tal umbral, sino el costo total de la factura mensual de energía eléctrica. El consumo mensual es un por ciento bajo de la factura, al compararlo con el renglón de ajuste de combustible de la factura mensual. Dado que el ajuste de combustible es tan alto, se convierte de facto en la razón para nuestras facturas de electricidad tan elevadas y la reducción que ha visto la AEE en el consumo de energía eléctrica en los últimos años. Por lo tanto, el umbral actual y la “penalidad” por pasarlo, realmente no es efectivo para fomentar eficiencia energética. Una estructura tarifaria realmente efectiva para motivar eficiencia (o sea, hacer lo mismo con menos electricidad) debe incluir por ejemplo escalas donde realmente el usuario vea impactada su factura si consume en un bloque mayor de kWh que otro. Sin embargo, dada la realidad actual de las cantidades altas de ajuste de combustibles, una estructura tarifaria de impacto real gravaría grandemente a los clientes. Se hace necesario entonces trabajar con el mal de fondo, nuestra dependencia de derivados de petróleo para poder implantar una nueva estructura tarifaria.

En las pasadas semanas la AEE anunció que estaría ofreciendo a los clientes industriales una tarifa más baja para aquellos que pasen un umbral dado. Este tipo de tarifa ha sido desalentada desde la implantación de PURPA a finales de los 70s y va en contra de lo que persigue el EISA 2007. Entiendo que en los momentos de crisis económica en que vivimos se busquen alternativas para beneficiar a los clientes, pero se debe tener cuidado en ser consistentes entre lo que se diga en esta reacción al EISA y medidas como esta tarifa industrial.

En la mencionan las tarifas de tiempo de uso (TOU) para argumentar otra manera de fomentar eficiencia energética. Esta tarifa no está disponible para los clientes residenciales, buena parte de los cuales pudiera beneficiarse dado que durante el día no están en sus casas. De hecho, en una de las vistas pasadas del Energy Policy Act (EPAAct), la AEE en su ponencia hizo unos planteamientos en contra de ofrecer esta tarifa pues no veía beneficio para los clientes. Desconozco si tal planteamiento se mantuvo en el informe final enviado al gobierno federal, pero sugiero que se verifique pues pudiera haber un conflicto entre lo que se dijo en aquel momento en reacción al EPAAct y lo que se dice ahora en relación al EISA en el tema de tarifas de tiempo de uso y “smart meters” (especialmente para clientes residenciales).

Estoy de acuerdo con el OE en que el análisis que debe realizarse en la AEE debe ser prospectivo, no solamente uno evaluativo de lo que ha realizado hasta el presente la AEE. A mi juicio, en PR se ha logrado muy poco con relación a eficiencia energética. Las campañas usuales de educación tienen un efecto que pocas veces se mide, y cuya efectividad por la tanto es cuestionable. Sin embargo, no estoy de acuerdo en que se limiten estos esfuerzos a eficiencia energética (aunque eso sea lo que se requiera), un programa realmente agresivo debe también incluir la conservación (ahorro) de energía eléctrica. Conservación y eficiencia energética van de la mano, no deben verse como esfuerzos separados sino como complementos en la meta de lograr que todos los clientes, residenciales, comerciales, industriales y de gobierno tomen conciencia de las implicaciones sociales, económicas y ambientales del uso de la energía eléctrica en PR. No actuar en esa línea es no cumplir con el espíritu no sólo del EISA sino también del Energy Policy Act del 2005 de reducir impacto ambiental y dependencia de combustibles fósiles.

En ese sentido, el “que los abonados consuman menos energía sin alterar su comportamiento” me parece una medida insuficiente. Debemos aspirar a fomentar un comportamiento que reduzca al máximo posible el impacto ambiental a través de una reducción en el despilfarro de energía eléctrica en PR. Estimados conservadores de profesores del Recinto Universitario de Mayagüez (RUM) de la UPR establecen que a nivel residencial se puede lograr un 30% de reducción en la demanda de energía eléctrica (y por ende reducción en la quema de combustibles fósiles) con medidas básicas de conservación y eficiencia energética. ¿Por qué no aspirar a una meta clara de reducción en el uso de la energía eléctrica en PR?

En ese esfuerzo es obvio que hace falta un desacople, como mencionan el informe del OE y la ponencia de la AEE, entre la salud financiera de la AEE y la compra-venta de energía

eléctrica. Se deben establecer los mecanismos necesarios para que esto se logre y existen diversas maneras de lograrlo que habría que analizar y adaptar a la realidad de Puerto Rico. Por ejemplo, uno de los usos de las tecnologías de smart grid es lograr tener suficiente información para determinar los costos reales de cada tipo de servicio, en escalas de tiempo que pueden ser hasta de hora a hora. Esta información puede no sólo pasarse al cliente, sino puede usarse para lograr una estructura tarifaria que refleje esos costos y se le provea una señal al cliente que pueda influenciar su uso de energía eléctrica durante el día.

En la página 46 del Informe del OE se menciona el “lograr cambios en el comportamiento de los abonados” (en referencia a “smart grids”). Me parece un error seguir la línea de que eficiencia energética no involucra cambios en comportamiento (como se discute en la sección de eficiencia del informe), cuando precisamente la tecnología de smart grids puede permitir cambios en comportamiento y en el uso de la energía. Por ejemplo, existen varias estrategias de respuesta a la demanda (“demand response” en inglés, una nueva visión de lo que se conoce como “demand side management”) en donde los clientes reciben diferentes estímulos tarifarios (y penalidades por incumplimiento) de acuerdo a su nivel de consumo y disponibilidad de ser una carga interruptible o contratar bloques de carga. Este tipo de alternativa existe ya en PR, pero sólo a nivel industrial. La tecnología de smart grid pudiera permitir llevar programas parecidos a nivel residencial, lográndose entonces cambios en comportamiento de los clientes. El punto que deseo hacer es que el reto de cambio en comportamiento del cliente no debe verse sólo en términos de la aceptación de la tecnología de smart grid (que realmente es una pregunta que en las ciencias sociales se trata de manera estructurada y rigurosa bajo estudios de aceptación social), sino como un reto, una meta a lograr que el cliente cambie su manera de usar energía eléctrica a una donde conscientemente ahorre y sea más eficiente acorde a la misión de la AEE del menor impacto ambiental posible.

En su ponencia la AEE menciona que en Puerto Rico no existe venta al por mayor de energía. Esto me parece insuficiente como argumento al EISA y es importante que se reconozca que existe una ley que ordena el establecimiento de un programa de trasbordo, y que aunque la reglamentación está en proceso, se debe mencionar que se buscará cumplir con el espíritu de lo que pretende el EISA 2007 en este particular. El Informe del OE discute la posición de la AEE en relación a tarifas al por mayor y hace mención a este asunto.

Estoy en desacuerdo con la poca frecuencia con la que se publican los datos de emisiones de la AEE. Estos datos hay que publicarlos y diseminarlos más a menudo, hay que concienciar a la ciudadanía del impacto real del uso de la energía eléctrica. Mucha gente no

hace la conexión del uso y abuso de electricidad en su casa y la quema de combustibles fósiles. Sería buena práctica en su factura o al menos cada tres meses, el cliente reciba la información de las emisiones que fueron causadas por el uso de energía eléctrica de ese cliente (este es un cálculo relativamente simple de programar e incluir en las facturas). Este es otro ejemplo de medidas que pueden ser efectivas para que la ciudadanía sea realmente más eficiente y ahorro energía eléctrica.

Las tecnologías de “smart grid” presentan una gran oportunidad de renovación para la AEE. Yo imagino un “smart grid” que lleve información del sistema eléctrico a los clientes, para que estos puedan decidir cómo y cuándo consumir más o menos energía eléctrica, y recibiendo crédito de la AEE por participar de este tipo de programa. A la vez, la AEE recibiendo información de los clientes y del estado actual del sistema en cada barra, en cada cliente, permitiendo esto una mejor operación del sistema eléctrico y una mayor integración de fuentes renovables y programas coordinados de conservación y eficiencia energética a través de programas de “demand response”.

Apoyo el que se adopten medidas de difusión amplia de información a los clientes. Mientras más información se haga disponible, menores serán los reclamos por causa de desconfianza. Lograr transparencia en el sistema eléctrico, sistema que de tod@s l@s puertorriqueñ@s, implica que todos tengamos sobre la mesa la realidad de nuestro sistema eléctrico para poder decidir como mejor cumplimos con las esperanzas y deseos del pueblo. Esa decisión de futuro no debe ser tomada por unos pocos, para beneficio de otros pocos. Una mayor apertura ayudaría a considerar otras posibilidades, otras maneras de atacar problemas, ver conexiones o consecuencias de ciertas acciones en el resto del sistema y PR. Una mayor apertura del sistema eléctrico de todos, viabilizaría el sueño de que podamos lograr un mejor futuro energético en PR. Todos debemos asumir las responsabilidades, y todos debemos también disfrutar de los beneficios de un sistema eléctrico fuerte, confiable y que minimice los costos sociales y ambientales.

Comentarios Finales

Apoyo el que la AEE adopte las medidas del EISA 2007 y que aproveche esta coyuntura para iniciar un proceso de evaluación y revisión profunda de su estructura, organización y filosofía de planificación, manejo y operación del sistema eléctrico de Puerto Rico. Nada debe descartarse de primera intención, todo debe estar sobre la mesa, hay que evaluar todas las opciones desde una perspectiva amplia que incluya factores económicos, tecnológicos, ambientales y sociales, dentro de las capacidades de acarreo de PR y dentro de lo posible, con toda la información y con todos los sectores.

Hay un reclamo amplio, de diversos sectores, por diversas razones, de apertura de nuestro, **nuestro** sistema eléctrico, y de revisar aquel pacto social creado en 1941 y que se llamó la AFF, para ver si en realidad todavía tiene sentido seguir operando como lo estamos haciendo, o si hay opciones mejores para todos los sectores en PR.

En este proceso de renovación es vital contar con todos los sectores de la Isla, y con los empleados, a todos los niveles, de la AEE, quienes indudablemente conocen el sistema eléctrico de PR mejor que nadie. No se cuestiona el compromiso y dedicación de los empleados de la AEE con PR. El reclamo de reforma va hacia la estructura organizacional, hacia lo cerrado de los procesos, hacia atender la falta de confianza del público. En el Apéndice se incluyen algunas guías que pueden considerarse en este importante proceso de evaluación y renovación del sistema eléctrico de PR.

Apéndice

Energy in Puerto Rico's Future: 29 years later

by Efraín O'Neill Carrillo, PhD, PE; Professor and Researcher in Energy Systems, UPR-Mayaguez

“Puerto Rico, in dealing with its own energy problems, should grasp its opportunity to **become an international energy laboratory**, seeking and testing solutions especially appropriate to the oil-dependent tropical and sub-tropical regions of the world. The Island's geographical position and its established energy research and development facilities enhance this potential”

Energy in Puerto Rico's Future, Report from the U.S. National Academy of Science, 1980

In 2008 Hawaii in partnership with the U.S. Department of Education committed that 70% of its energy needs would be met through energy efficiency and conservation, as well as from renewable energy resources. "Hawaii will be a living laboratory for integrated, renewable energy development," said Alexander Karsner, then Assistant Secretary of Energy. Hawaii's strategies includes: reducing dependence on imported fossil fuels; the local utility (HECO) will purchase as much as 1100 megawatts of renewable energy; double the Renewable Portfolio Standard to 40 percent by 2030; establish a feed-in tariff for renewables generators; retire older, dirty generation plants as Hawaii moves into a renewable future; and prohibit any new coal plants in Hawaii. While Hawaii, a fossil-fuel dependent island with electric energy costs greater than those in PR, moves to a sustainable energy future, PR remains stagnant, with a 29 years-old unfulfilled potential of creating a better energy future for our children and grandchildren.

The unfinished business of a sustainable energy PR involves technological and economical challenges. However the true energy grand challenge is social and ethical in

nature. How to transition from the dominant model we have which is a hierarchical, fossil fuel-based energy system to more distributed, local, just and sustainable energy systems?

The dominant energy model needs to be complemented with an alternative scenario in which renewable energy sources, conservation and energy efficiency strategies and technologies are used to the maximum extent possible. In Puerto Rico, with our abundant renewable energy resources, the question should be not how to best integrate renewable resources into the existing electric energy grid or other energy infrastructures, but how our existing infrastructures and practices should change or transition in order to allow maximum use of solar, wind, ocean and other renewable energy sources.

The transition from the dominant energy model to a more decentralized model should not be viewed as a mostly technological matter. PR's complex problems require a more holistic approach that integrates the expertise and will of many diverse fields, sectors and organizations. Sustainability presents such a holistic framework for this integrative approach.

There is an urgent need to establish sustainability-based policies and practices. Energy access and security represent a complex, global challenge with technical, social, ethical, economical dimensions all of which struggle to use limited resources provided by nature. Each of these dimensions, and their struggle for resource utilization/conservation, represents both challenges and opportunities for future energy access and security. In order to ensure energy access and security in the future, our energy policies and practices should strive to follow sustainability principles (meeting today's needs without comprising the ability of future generations to meet their own basic needs).

We should not only pursue new sources of fuel or new power generation technologies, but also consider energy conservation and efficiency, and making connections, looking at the bigger picture, a systems-view that includes a more holistic perspective of energy that includes buildings and structures, agriculture, urban planning, electric grid, transportation and water issues. All these are interconnected, and must be accounted for. An important task in this analysis is including the true benefits and costs of each alternative (internalizing the so-called social and environmental externalities).

A main hurdle for a change in Puerto Rico's energy future is that there is no coordinating entity in charge of developing, evaluating and implementing energy policy in PR (e.g., Department of Energy). Although there is a State Energy Office, it has never played a leading role regarding energy in PR nor has it had enough resources to play such a role,

except for the period when it was directly under the Governor's Office supervision (late 70's energy 80's). Our State Energy Office has been a "merry-go-round" in all governments, from Fortaleza, to DACO (Consumer Affairs Department), to DRNA (Natural and Environmental Resources Department) and now at the DDEC (Economic Development and Commerce Department). Furthermore, energy issues are fragmented among different government agencies resulting in a struggle that does not benefit the majority in PR. For example, DACO deals with retail rates for fuels, the State Energy Office has limited de facto influence in energy policy, some agencies that should have some participation in energy decisions are not included in energy decision-making, and there are regulatory bodies that exist in other parts of the world that do not exist in PR.

Besides the technical and economical analysis needed, sustainability-based energy policies and practices for future hybrid energy systems require accounting for the social and technical realities of particular locations. Thus, stakeholder engagement and involvement in the planning, analysis, and evaluation of energy alternatives becomes critical in such evaluation. In a heterogeneous society all sectors should feel they were able to participate in creating a future that might require a distribution of costs and sacrifices. Top-down strategies do not work in creating energy policies and plans that require public buy-in and participation (e.g., aggressive conservation and efficiency campaigns). It is of utmost importance to use local technical expertise to deal with PR's energy problem. Our universities, NGOs, industry, government and the wisdom of communities all should play their role in envisioning and implementing a better energy future for PR. The renewable energy potential exists, the technological know-how is present, but we need the will as a People and the inclusive and open dialogue spaces to reach historic decisions. It is up to us, all Puerto Ricans, to make a stand for the future, a true social pact in which we do not wait for problems to be solved from the outside but solve the problems ourselves.

Some specific recommendations for the electric energy sector (similar ideas could be presented for the transportation sector):

1. A broad, multi-sector participation in the decision-making of our electric energy future to create a reasonable, just and ordered transition to a sustainable energy future
2. Use the renewable energy study (sponsored by the State Energy Office) as a starting point in defining an achievable RPS for PR. (available at www.uprm.edu/ARET)
3. Encourage demand response (DR) programs at all levels (government, industrial, commercial and residential) to enable the creation of a "nega-watt" market in PR. This in

turn will foster conservation and efficiency, strategies that must be integrated in the management and design of future energy systems. DR includes organized energy efficiency, conservation and management with greater user participation in energy decisions.

4. Smart grids, not just the technology but as an overarching sustainability-based philosophy, must be used in PR as a tool to increase renewable-based distributed generation (generation close to the users) in PR. Smart grids can also be a key strategy to better coordinate the conservation and efficiency efforts.

5. Micro-grids, small and autonomous generating systems close to the users, should be considered in PR as a way to deal with service problems in rural and isolated areas in PR. Micro-grids can be part of the smart grid philosophy, and have the potential of achieving distributed, local, just and sustainable energy systems in Puerto Rico.

La Sostenibilidad Energética y la Ética: Hacia una Política Pública Energética Efectiva para Puerto Rico

Dr. Efraín O’Neill Carrillo, PE, Dr. José A. Colucci Ríos, PE,
Dr. Agustín A. Irizarry Rivera, PE & Dr. William J. Frey

Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad surge de la discusión sobre el impacto del ser humano en el ambiente y de la necesidad de proveer bienestar a toda la humanidad. Existen diversas definiciones de sostenibilidad siendo quizás la más conocida la de las Naciones Unidas; “Sostenibilidad es el satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer las necesidades de generaciones futuras” (United Nations 1987). Existen otras definiciones, y categorías para la sostenibilidad como los son sostenibilidad débil, fuerte o normativa, y referimos al lector a (Norton 2008) para una comparación de definiciones comunes. El concepto de sostenibilidad no es nuevo, uno de los primeros foros internacionales sobre el tema fue la Conferencia de Estocolmo del Ambiente Humano de 1972 (Moffat 2001).

El concepto de sostenibilidad provee un marco holístico para integrar las dimensiones económicas, ambientales y sociales del inmenso reto que representa proveer energía para una población mundial que se acerca rápidamente a los 7 mil millones de personas de la Tierra, y que se espera ronde los 9 mil millones para el 2050. ¿Cómo proveer bienestar a todas estas personas con un nivel aceptable de impacto ambiental? En un mundo tan dispar como el nuestro, ¿Qué es bienestar para todos? ¿Cómo medimos el bienestar, cuánto es suficiente y cómo lo repartimos?

Si adoptamos sostenibilidad como nuestro paradigma entonces la búsqueda de soluciones al dilema energético mundial se convierte en la obligación, el deber moral, de inspirar y comprometer a nuestra generación con esta manifestación de justicia en lo social, económico y ambiental.

La Figura 1 muestra el rol central que debe tener esta nueva ética dentro de la filosofía de sostenibilidad energética. La relación entre sostenibilidad y esta ética energética será discutida en una sección posterior. Es importante señalar que cualquier estrategia de sostenibilidad debe tomar en cuenta las limitaciones que imponen las leyes naturales y la capacidad de acarreo y los recursos disponibles en la Tierra.

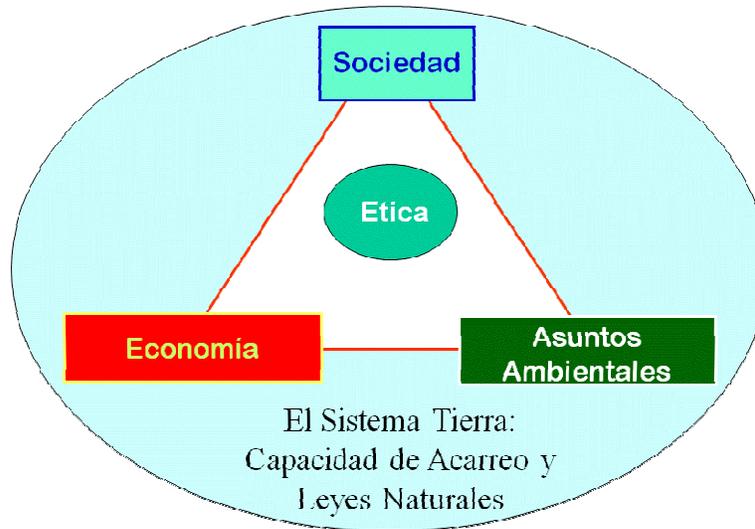


Figura 1: Ética y el triángulo de sostenibilidad, el balance entre lo social, ambiental y económico

El Problema Energético Mundial

La producción de energía es un ejemplo de un problema complejo e interdisciplinario que es usualmente atendido desde una perspectiva limitada, usualmente económica o técnica. Sin embargo, la producción de energía posee profundas implicaciones sociales y ambientales.

Actualmente alrededor de un 20% de la humanidad no tiene acceso a fuentes de energía diferentes a la madera o biomasa. Por otra parte, el 20% de la población mundial que habita los países industrializados consume sobre el 70% del petróleo, vea la Figura 2.

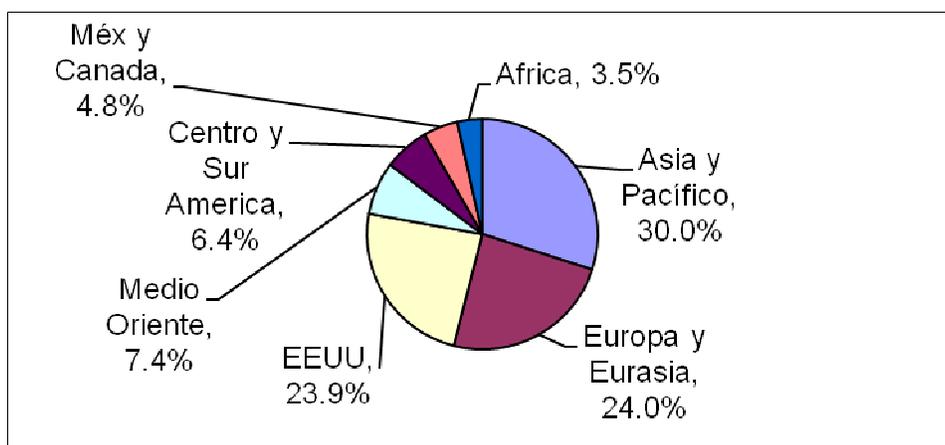


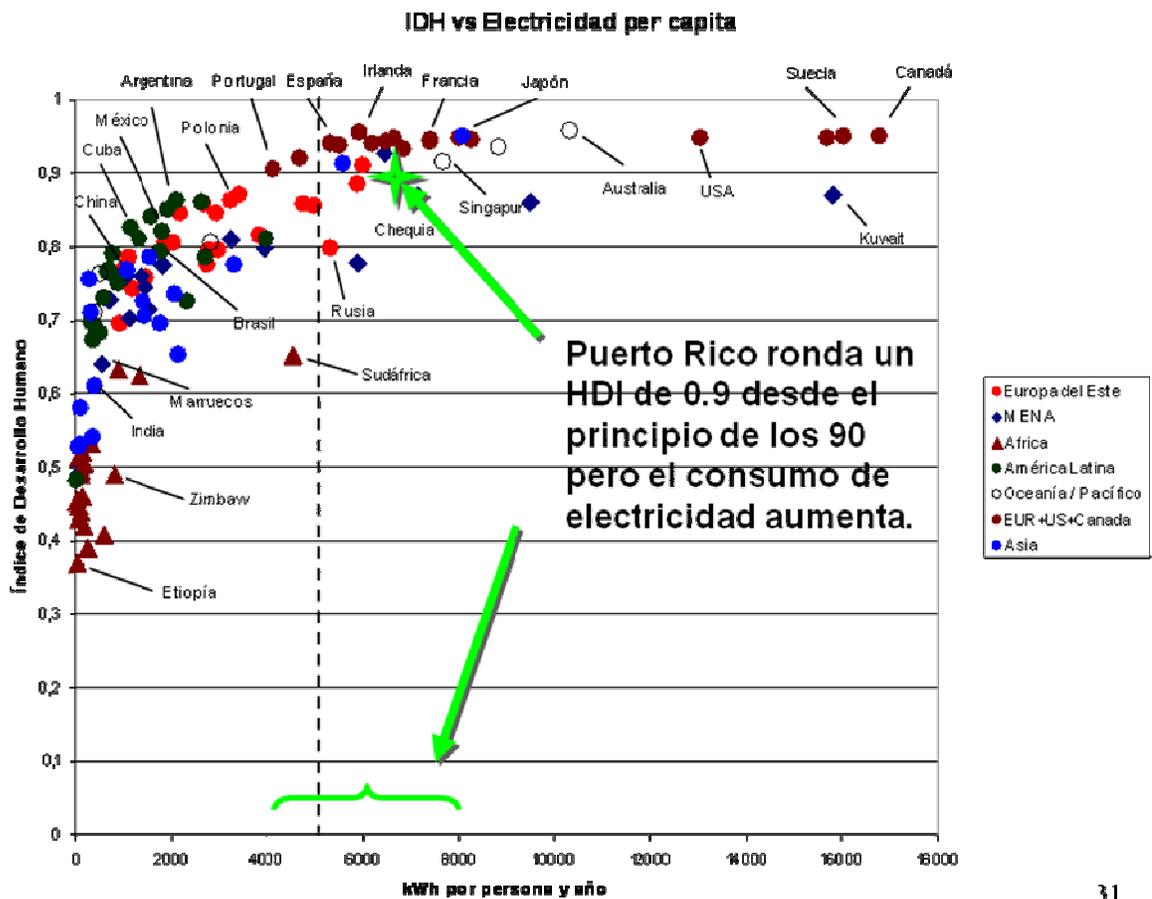
Figura 2: Consumo Mundial de Petr6leo (BP 2008)

El aumento en la población mundial ha ocurrido principalmente en países en desarrollo, quienes a su vez se espera tengan el aumento mayor en demanda por energía al aspirar al desarrollo económico y tecnológico de los países desarrollados.

¿Cuánta energía es suficiente para que un ser humano alcance y mantenga una calidad de vida digna mientras se minimiza el impacto ambiental? Para contestar esta pregunta necesitamos medir calidad de vida.

El índice de desarrollo humano (IDH) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo pretende medir la calidad de vida de ciudadanos en países disímiles usando un indicador social estadístico compuesto de tres parámetros; **vida larga y saludable** (medido usando la esperanza de vida al nacer), **educación** (medida usando una combinación de la tasa de alfabetización de adultos, la duración de la educación obligatoria y la tasa de matrícula en escuela primaria, secundaria y superior) y **un nivel de vida digno** (medido usando Producto Interno Bruto per cápita y paridad de poder adquisitivo en dólares). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo clasifica los países en países con desarrollo humano alto ($IDH \geq 0,8$), medio ($0,5 \leq IDH < 0,8$) y bajo ($IDH < 0,5$).

¿Se relaciona el consumo de energía eléctrica, por persona por año, con el IDH? Sí. La Figura 3 muestra un claro aumento en el IDH según aumenta la electricificación de los países. También muestra como una vez se alcanza un IDH igual a 0.9 el aumento en el uso de electricidad por persona no se traducen a un aumento en el IDH. En efecto podemos cuantificar, dentro de un rango, la cantidad de energía suficiente para que un ser humano alcance y mantenga una calidad de vida digna.



31

Figura 3: Índice de Desarrollo Humano comparado con Uso de Electricidad en Varios Países (Cortesía del Dr. Cayetano López, Naciones Unidas Human Development Report 2006 y Informe IEA 2004; Pablo Espinoza, Índice de Desarrollo Humano: Estimado para Puerto Rico, Tesis UPR)

Es pertinente resaltar que Puerto Rico ronda y mantiene un IDH de 0.9 desde el principio de la década de 1990 mientras aumenta nuestro consumo de electricidad por persona por año.

¿Podemos alcanzar, para todos en el Mundo, este nivel de suministro de energía eléctrica sin menoscabo al medio ambiente? Opinamos que sí, pero sólo con sistemas de energía sostenibles. Aún si encontráramos nuevas fuentes de petróleo, y de otros combustibles fósiles, el suplir la demanda esperada de energía usando estas fuentes fósiles y tecnologías convencionales supondría un costo social y ambiental sin precedente debido al excesivo nivel de emisiones de estas tecnologías.

Por lo tanto, la transición social y tecnológica, a una nueva cultura basada en prácticas y tecnologías sostenibles no puede seguir siendo retrasada. Es imperativo atender el dilema energético mundial y local desde una perspectiva sostenible no desde la perspectiva actual donde los factores económicos o técnicos dominan la toma de decisiones.

El Reto de un Futuro Sostenible en una Sociedad Dependiente del Petróleo

El uso de la energía en Puerto Rico puede dividirse en tres grandes sectores; transportación, energía eléctrica y procesos industriales, en los cuales la dependencia de derivados de petróleo está entre 90 y 95%. La gasolina como combustible domina el sector de la transportación. En la capacidad instalada para generación de energía eléctrica, el petróleo domina con aproximadamente un 79% seguido del gas natural y carbón con aproximadamente 20% entre ambos, y cerca del uno por ciento de energía hidroeléctrica. Esta dependencia de combustibles fósiles tiene un gran impacto social y ambiental. Puerto Rico tiene un área de 3,435 millas cuadradas. Con una población de 3.8 millones de habitantes, y 3,015,227 vehículos de motor las emisiones per cápita de los puertorriqueños son 230% mayores que el promedio per cápita del resto del mundo, y 333% mayores que el promedio en América Latina (EPA 2008). La perspectiva tradicional de igualar el uso de energía con el desarrollo económico de una Isla como Puerto Rico es insostenible. La dependencia y uso intensivo de combustibles fósiles, sin tener ninguno de esos combustibles disponibles localmente sugieren que en Puerto Rico se vive de forma insostenible, consumiendo más recursos de lo que físicamente se produce en la Isla. El gran problema es que lo insostenible se quiebra, tarde o temprano.

Las leyes de Puerto Rico que fomentan la conservación de los recursos naturales son inefectivas en tanto el marco legal está desconectado de la realidad de las estrategias de energía y desarrollo económico que se implantan. Por ejemplo: “La estrategia de desarrollo sostenible de Puerto Rico debe reconocer la necesidad de una nueva visión que tome en consideración el ambiente y los recursos naturales que le sirven de base: en particular, en lo relacionado al uso de tierras y el recurso agua, la transportación, la producción de energía; el manejo de los desperdicios sólidos y líquidos; y el manejo de nuestra zona costera. Debemos apoyar que nuestro desarrollo económico continúe, pero en forma sostenible, para asegurarnos de que el costo de ese desarrollo no sea la excesiva degradación y destrucción del ambiente y los recursos naturales o la injusticia social”. Esta es la ley número 267 “Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible” firmada el 10 de septiembre de 2004, mas sin embargo en el año 2009 Puerto Rico no es más sostenible de lo que era entonces.

De la ley 267 se puede identificar la definición de sostenibilidad de la ONU (mencionada anteriormente) como el paradigma sugerido para Puerto Rico. Sin embargo, es importante adaptar tal definición a la realidad puertorriqueña y además establecer las guías y reglamentos que permitan operacionalizar esta definición. Existe legislación para enmendar la Ley 267, el Proyecto del Senado 39 del 2 de enero de 2009 que busca transferir de la Junta de Calidad Ambiental a la Junta de Planificación, la responsabilidad de implantar la política pública de desarrollo sostenible para Puerto Rico. Una clara definición de sostenibilidad, al igual que métricas para medir el éxito de las medidas de desarrollo sostenible es vital para que la enmiendas a la ley 267 no corran la misma suerte que la ley

267 original, a la que nadie en 5 años le ha hecho caso y por lo tanto ha tenido ningún impacto en adelantar la sostenibilidad en Puerto Rico. El análisis para establecer que elementos debe tener esa definición de sostenibilidad está más allá del alcance de este escrito cuyo foco es energía. Sin embargo, un punto de partida básico es seguir los principios ilustrados en la Figura 1 incluyendo una discusión de los valores ambientales, sociales y económicos del Puerto Rico del siglo XXI, y entiendo las limitaciones naturales de la Isla.

Los cambios a la ley 267, y cualquier otro esfuerzo energético debe apoyar una nueva perspectiva de uso de energía a todos los niveles que claramente refleje su relación con el desarrollo sostenible de Puerto Rico. Las soluciones que se buscan para atender el reto energético de Puerto Rico buscan usualmente reducir el precio de la gasolina al detal o de la electricidad. Estas soluciones son muchas veces de corto plazo, y además atienden realmente los efectos de la problemática, no las causas. Por lo tanto, una política pública energética efectiva no depende sólo de la existencia de una ley, o de estrategias económicas de corto plazo. Existe una urgente necesidad de una transición social y tecnológica a una nueva cultura de justicia social y ambiental, basada en prácticas y tecnologías sostenibles que viabilicen y hagan efectiva y duradera, una política pública energética en Puerto Rico.

La insistencia en el uso dominante de combustibles fósiles como estrategia para diversificar nuestras fuentes de energía sólo perpetúa la dependencia en fuentes de energía externas. Se necesitan alternativas que mantengan el mayor capital posible en Puerto Rico, y que a la vez sean social y ambientalmente aceptables. El uso de fuentes renovables de energía presenta beneficios sustanciales por ejemplo: menor dependencia de combustibles externos; menor vulnerabilidad de PR con mayor diversificación del portafolio energético; creación de empleos y beneficios económicos, otros beneficios ambientales y sociales.

Oportunidades Perdidas y Nuevas Oportunidades

“Puerto Rico, in dealing with its own energy problems, should grasp its opportunity to become an international energy laboratory, seeking and testing solutions especially appropriate to the oil-dependent tropical and sub-tropical regions of the world. The Island’s geographical position and its established energy research and development facilities enhance this potential” (NAS 1980).

Una oportunidad perdida. Puerto Rico no se convirtió en un laboratorio internacional de energía, y todavía dependemos casi en un 100% de derivados de petróleo y otros combustibles fósiles para satisfacer la demanda energética de la Isla. Después de la crisis de los 70’s regresamos la complacencia de precios “aceptables” de combustibles. Nos mantenemos esperando, reaccionando a los eventos, como si las respuestas a nuestra dependencia de fósiles pudieran ser importadas.

Para poner en perspectiva nuestra inconclusa agenda camino a la sostenibilidad energética ofrecemos el ejemplo de Hawai. Hawai ha establecido como meta para el año 2030 que un 70% de su demanda de energía provendrá del uso de energía renovable,

programas de conservación y eficiencia energética. Hawai también posee sistemas eléctricos aislados, alto costo de electricidad y dependencia de combustibles que no posee. En palabras del Secretario Auxiliar de Energía Alexander Karsner: “Hawaii will be a living laboratory for integrated, renewable energy development” (DOE 2008). Es importante señalar que Hawai logra este cambio luego de cuatro años de intensa labor del Foro de Energía de Hawai, organización que agrupa diversos sectores influyentes y afectados por la política de energía de ese estado.

¿Podemos aspirar a metas similares en Puerto Rico? ¿Poseemos los recursos endógenos necesarios? Sí. El más reciente informe sobre recursos energéticos renovables en Puerto Rico recomienda el uso del viento, el sol (con tecnología fotovoltaica), y las olas del mar como recursos que pueden proveer, anualmente, más de la energía usada en Puerto Rico en el año 2006 utilizando solamente el 10% de estos recursos (Irizarry 2008).

¿Qué nos falta? ¿Dónde están las nuevas oportunidades? Ha llegado el momento en Puerto Rico de revisar la manera en que se han administrado y se administran nuestros sistemas de energía, y tenemos la oportunidad de iniciar esta evaluación de una manera que considere la totalidad y complejidad económica, ambiental y social del asunto. Tenemos la oportunidad de un desarrollo energético sostenible.

Sinopsis de Fuentes de Energía Renovable Viables en Puerto Rico

Energía Solar

En la generación en energía eléctrica con el Sol existen varias tecnologías tales como equipo fotovoltaico y equipo solar termal eléctrico. La tecnología fotovoltaica usa la energía que contiene la luz del sol para generar un flujo de corriente en materiales semiconductores. Estos sistemas están comercialmente disponibles y tienen un costo entre \$7 y \$9 por vatio instalado (sin incluir el costo de baterías para almacenamiento). Por otro lado las tecnologías solar termal eléctrica usan el calor del sol para calentar un medio (ejemplos: aire, sal, aceite), los cuales se usan para convertir el calor en electricidad.

Energía Eólica para Producir Electricidad

Entre las tecnologías de producción de electricidad usando recursos renovables el viento es la de mayor crecimiento en el Mundo ya que puede ser tan competitiva en costos como métodos tradicionales. En Puerto Rico hay viento y espacio para usar aerogeneradores, también llamados molinos de viento, para generar electricidad con costo por kilovatio hora (kWh) igual o menor al de la electricidad generada usando combustibles fósiles.

Las fincas de viento sólo usan el 5% y 7% del área de superficie sobre la que se extiende el parque y esto incluye el terreno usado para carreteras, instalaciones eléctricas, etc. Esto hace que el desarrollo de energía eólica sea muy compatible con el uso dual de terrenos por ejemplo para agricultura y es un punto a favor en el análisis económico. Otra alternativa de localización lo es el mar, en áreas de poca profundidad, cerca de las costas. La mayor crítica al uso de molinos es su potencial impacto en las aves y murciélagos. Lo

recomendable es evitar ubicar molinos cerca de rutas conocidas de aves. La transparencia es esencial para sostener una conversación entre los proponentes y la comunidad donde los proponentes informen las ventajas de la generación eólica y reciban, mediante encuestas u otro mecanismo, la opinión y sugerencias de la comunidad ante el proyecto.

Biocombustibles y Biorefinería

Los biocombustibles son *Combustibles derivados de seres vivos o del desperdicio que estos producen*. Estos incluyen Sólidos (Madera, paja, etc.), Biogas de excremento/desperdicio y Líquidos (bioetanol, biobutanol, biodiesel, etc) derivados de los compuestos de las plantas (almidón, lignocelulosa, aceites, etc). El debate de los biocombustibles (*Food versus Fuel*) es mucho más complejo y tiene que incluir las otras Fs restantes: “*Feed, Feedstock, Fertilizer, Fiber*”. Esta complejidad apunta a que cualquier estrategia del sector agrícola que se interese implantar en Puerto Rico TIENE que considerar cosechas capaces de atender múltiples sectores. Además, el uso de la tierra competirá con otras necesidades básicas y usos potenciales como residencias, reservas ecológicas, lugares de esparcimiento y entretenimiento, establecimientos comerciales/industriales y generación de energía mediante tecnología de energía sustentable.

Puerto Rico debe considerar el modelo de las *Biorefinerías Regionales* en sus estrategias. Las Biorefinerías son facilidades que integran procesos y equipos para convertir la biomasa a múltiples productos por ejemplo: comestibles, combustible, potencia y químicos. Actualmente, de cada 5 libras de cosecha sólo se usan de 1 a 2 para comida, el resto es biomasa lignocelulosa que puede procesarse en una biorefinería. Esto requiere un plan integral de manejo de tierras y agua que logre disminuir no sólo la existente vulnerabilidad, dependencia y adicción a los combustibles derivados del petróleo pero que a su vez atienda vulnerabilidades de productos comestibles y materia prima para el sector industrial.

Incentivos para Energía Renovable

El costo de las tecnologías renovables, a excepción de los molinos de viento, es mayor que las tecnologías basadas en combustibles fósiles. Existe un círculo vicioso donde el costo se mantiene alto pues no hay un mercado que permita generar economías de escala, pero tal mercado no se genera pues los consumidores no compran sistemas renovables por su costo. La respuesta en muchos lugares ha sido que el Gobierno, interesado en mejorar el ambiente y proveer alternativas energéticas a sus ciudadanos, provea incentivos que disminuyan los costos de los sistemas renovables. El objetivo es ofrecer un estímulo inicial que permita crear un mercado de sistemas renovables, y luego que el mercado esté establecido, el incentivo se reduce o elimina. Esto sucedió con la energía de viento en España, y al día de hoy, la misma es tan competitiva como las tecnologías basadas en combustibles fósiles. De manera similar, en años recientes se ha establecido en España un agresivo programa de incentivos para sistemas fotovoltaicos.

Los incentivos para tecnologías renovables son necesarios y efectivos para lograr una transición energética ordenada y a todos los niveles de la sociedad. En agosto de 2008

comenzó en Puerto Rico un programa de créditos contributivos para la adquisición de sistemas fotovoltaicos. El mismo permite que clientes residenciales, comerciales e industriales reciban un crédito, no una exención, que va directo a la cantidad de impuestos a pagarle al Departamento de Hacienda. Hasta junio de 2009 el crédito es de 75% del valor del equipo e instalación, hasta junio de 2011 el crédito es de 50% y de julio de 2011 en adelante el crédito es de 25%. Anualmente hay disponibles en créditos contributivos para ofrecer un total de \$15 millones a nivel comercial e industrial y \$5 millones a nivel residencial.

En menos de dos meses los créditos contributivos a nivel comercial e industrial se habían agotado. A diciembre de 2008, sólo \$1 millón de los \$5 millones a nivel residencial se había usado. Además de falta de información entre los clientes residenciales, los autores entienden que el proceso de solicitud de los créditos tiende a desalentar a los consumidores. Por otro lado, dado que esto es un crédito en la planilla de contribución sobre ingresos, los consumidores tienen que costear la totalidad del sistema fotovoltaico, y recibir el crédito contributivo en la próxima planilla que rindan. Para aumentar la efectividad de este programa a nivel residencial debe generarse un sistema de información más efectivo, disminuir la carga burocracia atada al proceso de solicitud del crédito, y proveer un mecanismo de préstamos a bajo interés (préstamos verdes). Por último, se debe generar otro programa de incentivos para ciudadanos de bajos recursos que tampoco puedan adquirir su sistema a través de un préstamo. Una alternativa propuesta ha sido que la Autoridad de Energía Eléctrica administre un programa de alquiler y mantenimiento de tales sistemas. Los detalles habría que desarrollarlos mejor, pero esto es un ejemplo del tipo de pensamiento diferente que hace falta para aprovechar al máximo posible los recursos energéticos renovables disponibles en PR.

Conservación y Mayor Eficiencia

Las estrategias energéticas no deberían limitarse sólo al uso de tecnología de energía renovable, sino también debe incluir medidas agresivas de conservación y eficiencia energética. Una alternativa energética para reducir el impacto ambiental en Puerto Rico lo es el uso de métodos para aumentar o mejorar la eficiencia energética. Eficiencia energética es una medida de cuanta de la energía provista a un equipo o sistema es transformada en trabajo útil (ejemplos: mover un carro, iluminar un cuarto). Un ejemplo lo son vehículos con un rendimiento mayor en el uso de combustible, al igual que el uso de medios de transportación masiva son alternativas que usan más eficientemente el combustible.

En la discusión de eficiencia es importante dejar claro que el ahorro energético obtenido a través de tecnologías eficientes es menor al aumento esperado en demanda mundial de energía. Si el objetivo es reducir el impacto ambiental, el aumentar o mejorar la eficiencia de un sistema no debe ser interpretado como una licencia para aumentar el uso de ese equipo. En el camino a un mayor uso de fuentes de energía renovable es vital considerar como primer paso estrategias y recursos para reducir el consumo de energía a todos los niveles: gobierno, industria, comercio y comunidades. Si se comete el error de simplemente buscar formas de generar más energía eléctrica o importar más combustibles

fósiles (petróleo, gas natural y carbón) para atender la demanda, sin atender asuntos de distribución y patrones de consumo, resolveremos a corto plazo los efectos del problema pero no atenderemos el problema a largo plazo, agravando aún más nuestro dilema energético y haciéndolo más difícil de atender. Continuar con la desconexión tradicional entre las áreas sociales, ambientales y económicas resultará en estrategias energéticas similares a las pasadas, que no atienden las limitaciones y consecuencias no-intencionadas de tecnologías existentes. Se necesita una cultura que fomente y premie la conservación y la eficiencia de energía.

Al proponer energía renovable no necesariamente se entiende toda la complejidad y consecuencias de un proyecto renovable. No debe someterse lo renovable necesariamente como *la* opción, ni siquiera la primera opción energética. Tiene que haber un acercamiento que incluya, fomente y premie en primer lugar la conservación (agresiva) y la eficiencia energética. Cualquier alternativa que sea presentada como LA ALTERNATIVA a la solución de todos o muchos de nuestros problemas energéticos debe levantar rápidamente sospecha y ser estudiada con detenimiento.

Por último, determinar metas realistas para el uso de energía renovable y cómo comenzar una transición a algunos de esos recursos representan un paso vital para lograr una política pública energética efectiva para Puerto Rico.

El Renacer de la Energía Nuclear

La energía nuclear es una de las opciones más complejas y controvertibles dentro de las alternativas energéticas. Esta opción está teniendo un renacimiento global en especial en los Estados Unidos continentales. La figura 4 del Energy Information Agency muestra la relación entre el crecimiento de la demanda energética en EEUU y la participación de la energía nuclear. Históricamente previo a la década de los setenta se visualizaba como una de las opciones energéticas que dominaría la industria hasta que varios incidentes en especial Three Mile Island (1979) y Chernobyl (1986) despertaron desconfianza y preocupaciones acerca de esta opción. Este malestar fue de tal magnitud que ninguna facilidad nuclear nueva fue construida en los Estados Unidos continentales desde el 1979. La capacidad adicional se debió a ampliaciones y mejoras en facilidades existentes previo a los incidentes. Otra razón para la suspensión en la construcción de nuevas facilidades nucleares fueron los altos costos de las mismas y la sobrecapacidad ocasionada por la reducción en demanda de energía eléctrica en EEUU luego del embargo de la OPEP. Cabe mencionar que el público en general no fue expuesto a radiación durante el incidente de Three Mile Island. Además, la credibilidad previo a las década de los 70 se debía en gran parte al éxito rotundo que tuvieron y tienen los reactores nucleares en aplicaciones navales en especial submarinos (Shultis 2008). ¡El primer submarino nuclear, *Nautilus*, comenzó operaciones desde el 1954! Además su desempeño fue excepcional versus submarinos diesel/baterías que requerían subir a la superficie continuamente por la necesidad de aire para la combustión.

Otros hechos relevantes referente a la radiación y sus fuentes es que esa área es una de las más investigadas referente a agentes etiológicos (causa y efecto) asociados con enfermedades (Cember 2009). Estas investigaciones comenzaron a principios del siglo XX (~1906) en estudios mirando la sensibilidad de varios tejidos y órganos a la radiación. De hecho durante el siglo XX se han llevado a cabo numerosos estudios basados en la exposición ocupacional de las varias áreas que trabajan con radiación tales como personal médico, trabajadores de minas de uranio, plantas nucleares, pacientes tratados con

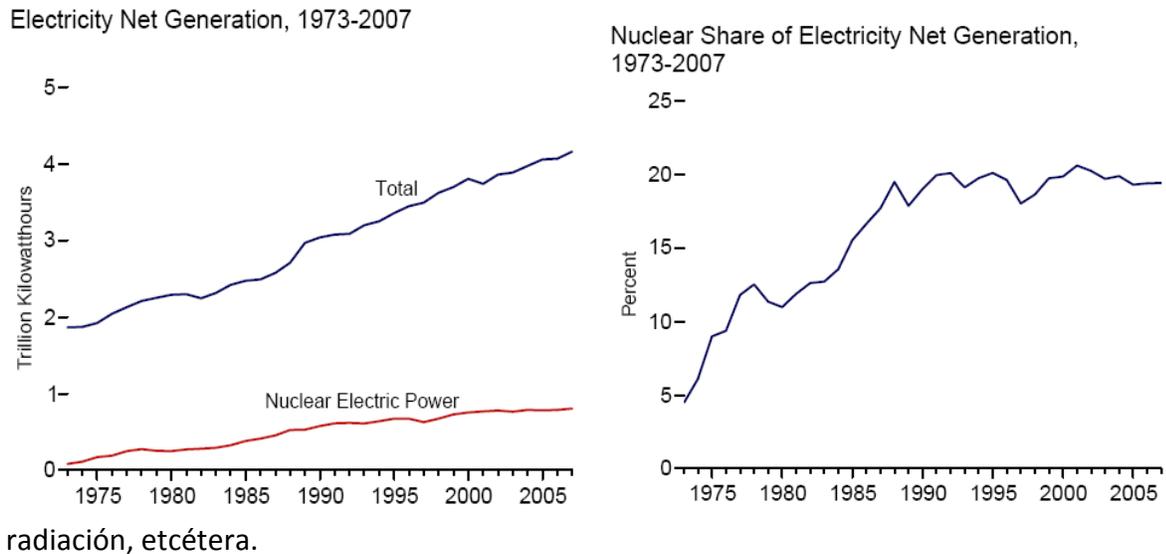


Figura 4: La Energía Nuclear en el Portafolio Energético de los EEUU (Disponible en dominio público en www.eia.doe.gov/emeu/mer/pdf/pages/sec8_2.pdf)

En términos generales se encontró que la radiación puede resultar en consecuencias de índole *determinística* o *estocástica* dependiendo de la naturaleza y dosis de la radiación. Por ejemplo, exposiciones agudas definitivamente resultarán en daños a seres humanos y otras especies de naturaleza *somática* (del cuerpo). Sin embargo, estos incidentes no necesariamente ocasionarán daños *hereditarios*. De igual manera exposiciones crónicas son de índole estocásticas o probabilísticas. Por ejemplo, se puede estimar el efecto de exposición de bajos niveles de radiación a una población SIN EMBARGO no se puede predecir el efecto en un solo individuo. Se reporta en términos de la probabilidad de ocurrencia. Esta incertidumbre al igual que los incidentes mencionados han sido instrumentales en establecer la “reputación” de esta opción energética en ciertas comunidades.

La Dra. Marla Pérez, socióloga ambiental del Recinto de Mayagüez de la UPR y experta en comunicación de riesgo, comenta que en relación a la energía nuclear existe una

"amplificación social del riesgo". La tecnología relacionada a la energía nuclear se percibe como altamente complicada, y el control sobre la misma recae en manos gubernamentales y/o empresas privadas. Por lo tanto, las personas tienden a verla como peligrosa dado que el foco de control es externo y su manejo depende mucho de la confianza que la gente tenga sobre la institución gubernamental para controlarla y defender sus intereses en casos de emergencia o crisis. Aunque los casos de emergencia sean muy improbables o estadísticamente insignificantes, ciertamente una emergencia en una planta nuclear es muy seria y podría ser catastrófica. Esto se conoce comúnmente como actividad "low risk-high impact". Desde el punto de vista de la comunidad cercana a una actividad o lugar que sea "bajo riesgo-alto impacto", las probabilidades de que algo ocurra son 50-50 (ocurre o no ocurre), no importa cuantas orientaciones o seminarios con "evidencia científica" se les presente. Al mismo tiempo, los accidentes de Chernobyl y Three Mile Island han causado repercusiones de tiempo y espacio en la percepción del riesgo de la energía nuclear, amplificándola igual que ocurre con las ondas de una piedra que cae en un lago. En resumen, la energía nuclear tiene todas las características para ser percibida como muy peligrosa y por lo tanto inspirar rechazo: foco de control externo, desconocimiento sobre su funcionamiento, "low risk-high impact" y un nivel muy bajo de confianza en las instituciones que se supone protejan los intereses de los ciudadanos (Pérez Lugo 2009).

Nuevas tecnologías y la relación de la quema de combustibles fósiles con el cambio climático se han combinado en el resurgir de la energía nuclear como opción energética. De hecho, existen estudios comparativos colocan a la energía nuclear en mejor posición que cualquiera de las renovables (ver tablas en la Sección 8 más adelante). Sin embargo, queda por verse como se atenderán los asuntos de aceptación social mencionados anteriormente, el manejo efectivo de los desechos radioactivos y las implicaciones de política internacional del uso de la energía nuclear (recordar las controversias recientes ante los programas nucleares de Corea del Norte e Irán).

En Puerto Rico se operó de forma experimental desde 1964 la planta nuclear BONUS ("Boiling Nuclear Superheater") en Rincón, por parte de la Comisión de Energía Atómica de los EEUU y la Autoridad de Fuentes Fluviales (AFF). Una vez la Comisión dio el aviso que su participación terminaría, la planta cerró en 1968 pues los costos para las mejoras y operación que hacían falta eran muy altos (Latimer 1997). Otro proyecto para establecer una planta de energía nuclear en el norte de PR fue cancelado debido mayormente a cuestionamientos públicos de la seguridad del mismo. Es imperativo que este tema sea discutido con seriedad atendiendo con profundidad los aspectos/preocupaciones/percepciones de salud, ciencia e ingeniería de esta alternativa. Los autores indagaron sin éxito acerca de una ley de los años 70 que nos han comentado prohibía la energía nuclear en la Isla. La política pública energética de PR del 1993 (todavía vigente), no prohíbe la energía nuclear pero no la considera como parte de las energías alternas a considerar. Esta discusión es relevante a Puerto Rico en especial si se decide movernos a una estrategia de fuentes renovables de naturaleza variable. Una estrategia

propuesta con las fuentes renovables es proveerles un “baseload” que provenga de fuentes “constantes” tales como combustión con hidrógeno, biocombustibles, combustibles fósiles y/o nuclear. Esa discusión es crítica que se lleve a cabo en un futuro cercano para que en Puerto Rico se disminuya nuestra vulnerabilidad ante la variabilidad de costo y disminución en las reservas de petróleo.

Implementación de Política Pública Energética

La política pública energética de PR surge luego que un grupo inter-agencial dirigido por la entonces Presidenta de la Junta de Planificación, Norma Burgos, presenta el documento al Gobernador Rosselló en 1993 y el mismo se formaliza mediante Orden Ejecutiva del Gobernador. En ese momento el documento representó un importante paso en la planificación energética de Puerto Rico, y se presentó como un documento dinámico que debía ser revisado y actualizado periódicamente. Sin embargo, las evaluaciones y estrategias que la misma política pública exigía se realizaran, no se realizaron y el documento se convirtió en uno estático, sin métricas ni instrumentos para lograr hacer cumplir las metas o direcciones que pedía (Gelabert 2005). La Administración de Asuntos Energéticos (AAE), por ley la agencia encargada de la política pública energética, nunca tuvo recursos ni poderes suficientes para implantar efectivamente ni velar por el cumplimiento de la política pública energética de PR. Mientras en EEUU y la mayoría de los países del Mundo el asunto energético se trata a nivel de Gabinete del gobernante, en PR la AAE (creada como la Oficina de Energía en los 70s) sufrió un descenso de la Oficina del Gobernador a DACO en los 80s, de allí pasó al Departamento de Recursos Naturales en los 90s, y de allí al Departamento de Desarrollo Económico y Comercio en el 2008. En este contexto el asunto energético de PR se define y maneja, no de manera coordinada, sino Ad-Hoc a través de la interacción de una serie de actores, grupos de interés y agencias que actúan usualmente mirando el corto plazo y la dimensión económica mayormente. Se reacciona a los efectos de problemas energéticos, en lugar de planificar para atender apropiadamente las causas de los problemas energéticos.

Existe en EEUU y Puerto Rico la presunción de que hay una relación directa entre la producción y consumo de energía con el producto nacional bruto y el estado de la economía. Como consecuencia, se favorece la producción de energía a gran escala, a base de combustibles fósiles, integrada y centralizada. Se cree que este modelo continúa hoy día generando economías de escala y mejores eficiencias que otras alternativas. Este “modelo dominante de energía” seguirá vigente mientras no se demuestre lo contrario (Tomain 2004). Mientras existió estabilidad energética (producción, consumo y precios) esta presunción parecía correcta. Los altos costos de la gasolina y la energía eléctrica ponen de manifiesto lo vulnerable que está PR al depender de este modelo centralizado de energía basado en combustibles fósiles, y altamente dependiente de las variaciones mundiales de los precios del crudo. La crisis energética vivida en el 2008 se fue generando poco a poco. Desde la primera crisis de energía de los 70 habían conocedores del tema advirtiendo lo poco saludable que era para PR depender tanto de derivados del petróleo. Ni nuestros

gobernantes, ni las agencias, ni ningún otro grupo particular actuaron o fueron exitosos en ser proactivos para atender nuestra vulnerabilidad energética.

Las soluciones sostenibles a nuestro dilema energético no son simplemente generar más energía a menor precio o con energía renovable. Debemos reenfocar a generar lo menos posible, con el menor impacto ambiental y social posible, y usar la energía lo más eficientemente posible. ¿Por qué no tenemos en Puerto Rico una política pública energética efectiva, implantable, medible y evaluable, a todos los niveles, de conservación y eficiencia energética? La fragmentación del asunto energético es una de las principales causas por la que Puerto Rico no tiene una política pública de energía efectiva, implementable, medible y evaluable, a todos los niveles de nuestra sociedad. Esta fragmentación resultó entre otras cosas en estrategias energéticas que no atendieron la totalidad del problema, o en el comienzo tardío de un plan de diversificación de combustibles, o en la falta de medidas de la efectividad que permitieran una evaluación y corrección de las estrategias mismas. Y quizás el peor efecto de las estrategias energéticas fragmentadas ha sido el crecimiento desmedido y sin cotejo de la demanda de energía y el irresponsable uso de energía por todos los sectores que han creado patrones de uso de energía insostenibles. La fragmentación del asunto energético en PR es visible en la ausencia histórica de poder que ha tenido la agencia encargada de velar por la política energética de PR, la Administración de Asuntos Energéticos (adscrita desde el 2008 al Departamento de Desarrollo Económico y Comercio).

La formulación de una política pública energética integrada e integradora toma tiempo, y lamentablemente el tiempo puede ser mayor al ciclo político en PR. Luego el tiempo para ver los resultados puede ser aún mayor. Y no es para sorpresa de nadie este requerimiento de tiempo, si desde la primera crisis energética de los 70 no se tomaron las medidas necesarias, cuando hubo más de 30 años para actuar y no se actuó, no se puede esperar que en 4 años se resuelvan los problemas energéticos. Pero, hay que comenzar en algún lugar.

Existe una necesidad urgente de que generemos e implantemos, en Puerto Rico una política pública energética, inclusiva y amplia, y con organizaciones o entes con la capacidad y recursos para evaluarla y mejorarla periódicamente, y los mecanismos para penalizar al que no la cumpla. Y es importante recalcar que el proceso de política pública es más abarcador que la redacción y aprobación de leyes, e incluye el debate público y establecimiento de la agenda, la definición del asunto, formulación, adopción, implantación, y evaluación de política pública. Este proceso no es lineal, y normalmente hay que volver atrás a un paso anterior, a reconsiderar las presunciones hechas a la luz de nueva información que surja. Se deben generar mecanismos más efectivos que las existentes vistas públicas adversariales para que la ciudadanía y diversos sectores tengan participación "real" en ese proceso de política pública energética, siendo tal participación más inclusiva y más temprana en el proceso.

Se hace necesario que el modelo dominante de energía se complemente al nivel máximo posible, con estrategias y tecnologías de conservación, eficiencia y fuentes renovables. Fragmentar el asunto energético atendiendo de manera aislada los asuntos, sin

mención al marco más amplio, no atenderlo de forma integral que incluya no sólo la demanda tal cual es sino también los patrones de uso de la energía, es no atender la totalidad y complejidad del dilema energético de PR. Al menos debe existir el reconocimiento de que esto va más allá de ser un asunto técnico y económico, aunque lamentablemente no existan de manera inmediata los medios en PR de atenderlo de esa manera más amplia.

En el proceso de transición hacia recursos y prácticas sostenibles, los resultados serán a largo plazo, y no deben atarse a las fluctuaciones políticas. El momento histórico en que vivimos nos debe motivar a enfocarnos en las estrategias energéticas que mejor le sirvan al país. Como primer paso es necesario evaluar el estado actual, y desarrollar una nueva perspectiva del futuro energético en el que exista armonía entre las necesidades económicas y el impacto social y ambiental. El uso de fuentes renovables de energía es deseable, siempre que se tomen en cuenta las limitaciones de la infraestructura actual, la calidad de la energía que llega a los usuarios, y la viabilidad y el impacto de estas tecnologías dentro de las realidades de operación del sistema eléctrico de Puerto Rico. Pero como primer paso es vital evaluar la manera en que usamos la energía e implantar medidas agresivas de conservación y eficiencia energética a todos los niveles en Puerto Rico. Y en todo momento atender la complejidad y totalidad del problema energético. Ciertamente, bajo el esquema regulatorio actual en PR, el peso de la prueba está del lado de los que proponen medidas agresivas de conservación, eficiencia y uso de renovables para minimizar el uso de combustibles fósiles. Y en esa tarea existe la desventaja de no contar con un organismo que vele principalmente por los intereses de los consumidores. Tal organismo, que provea un espacio de encuentro entre los constituyentes de energía, debe ser creado en Puerto Rico para lograr la participación amplia necesaria para generar una política pública efectiva en la Isla.

La tecnología y prácticas de energía sostenible presentan importantes oportunidades que viabilizan las reformas en los sistemas de energía de PR, pero cuya discusión, si ha ocurrido, con poca o ninguna participación de la ciudadanía. Los sistemas de energía deben adaptarse a los cambios tecnológicos, mientras a la vez alcanzan los valores sociales y ambientales que desea la ciudadanía. La pregunta a contestar NO es cómo yo integro o cambio o hasta límite estas nuevas tecnologías y prácticas renovables a la infraestructura y prácticas de energía existentes, sino cómo yo cambio y diseño y opero los sistemas de energía para permitir el uso máximo de los recursos renovables.

Un esfuerzo en todo Puerto Rico de educación a toda la ciudadanía sobre su consumo eléctrico, conservación, eficiencia y uso de sistemas renovables es esencial para una política energética efectiva y un futuro sostenible para PR. De otra forma, no usar al máximo posible la alternativa descentralizada de generación, y premiar la conservación y eficiencia eléctrica implica un perpetuo desangre de nuestra economía para llenar las arcas foráneas de multinacionales u otras organizaciones económicas al otro lado del mundo. ¿Cuándo, dónde y de qué manera vamos a tener esa discusión como Pueblo, en lugar de recibir leyes y reglamentos de más arriba? Las agencias y organizaciones relevantes en el

área de energía pueden ser piedra fundamental en el camino a la sostenibilidad energética, o una muralla china, que dificulte el camino a ese deseado futuro sostenible para PR.

Análisis de Externalidades de Energía

Se hace necesario, para la implantación de una política pública sostenible que sea efectiva, un análisis económico que incluya las dimensiones sociales y ambientales, y alternativas para la integración de estas llamadas “externalidades” en el análisis para toma de decisiones de política pública energética de PR. Externalidades son costos y beneficios que no están incluidos en los precios de venta de productos o servicios. Estos costos los asume cada sociedad particular, por ejemplo, a modo de un aumento en la prestación de servicios públicos de salud. En el caso de la energía eléctrica, es importante entender el rol de las externalidades de manera que se puedan tomar las decisiones correctas y educar mejor al público con relación al futuro energético. Los costos externos o externalidades de la electricidad no están incluidos en la factura de “la luz” son reales y se relacionan a impacto a la sociedad y el ambiente. Estos costos son importantes para la planificación energética a largo plazo pues los mismos están relacionados a consecuencias no-intencionales del uso de combustibles fósiles. Las externalidades ambientales incluyen el impacto ambiental de la transportación y el daño a otras industrias como la agricultura. Las no-ambientales incluyen costos de servicios de salud y los costos geopolíticos (Hohmeyer 1991, 1994).

Las externalidades del ciclo de combustible no están incluidas en el precio del mercado. Los métodos tradicionales de análisis económico ignoran estos efectos. Es necesario cuantificar las externalidades para poder incluirlas dentro del análisis económico de manera que puedan ser parte de los precios del mercado para servicios y productos. Un ejemplo de valor de externalidad está dado por:

$$\text{Valor} = [\text{Valor de Reducción de Emisiones}] \times [\text{Coeficiente de Contaminación}]$$

No es trivial estimar los coeficientes de contaminación, ni darle un valor monetario a la reducción de emisiones. Este último valor depende de la perspectiva de aquellos que establecen las presunciones (Graedel 2003). Aunque la calidad del ambiente afecta a todos los países, las externalidades tienen un rol limitado en la toma de decisiones. Las comisiones de servicio público en EEUU se aseguran de que las compañías eléctricas minimicen los costos sociales, pero usualmente sólo se atiende la dimensión ambiental.

En EEUU, existen varios estados con estrategias de desarrollo sostenibilidad y considerando las externalidades. Sin embargo, existe oposición de varios sectores. En Minnesota por ejemplo, el conflicto legal duró cuatro años (1993-1997), pero se logró crear la guía sobre costos ambientales que aparece en la Tabla 1 (ME3 2008).

Un área de estudio que toma en cuenta los costos externos lo es la ecología industrial. Se define esta área como “medios a través de los cuales la humanidad se acerca y mantiene la sostenibilidad dada la evolución económica, cultural y tecnológica.” Se requiere que un sistema industrial no se vea aislado, sino en armonía con los sistemas que le rodean

(Graedel 2003). Las etapas de la ecología industrial son: 1) cumplimiento de regulaciones, 2) prevención de contaminación, y 3) diseño para el ambiente. La mayoría de las compañías están en una de las primeras dos etapas. Es deseable que el mayor número de organizaciones evolucionen hacia la tercera etapa: el diseño para el ambiente. El diseño para el ambiente está muy relacionado al análisis de ciclo de vida que se discutirá en la siguiente sección.

Tabla 1: Costos Ambientales en Minnesota

	Urbano	Metropolitano	Rural
SO ₂ (\$/ton)	0	0	0
PM10 (\$/ton)	5,060 - 7,284	2,253 - 3,273	637 - 970
CO (\$/ton)	1.20 - 2.57	0.86 - 1.52	0.24 - 0.46
NOx (\$/ton)	421 - 1,109	159 - 302	20 - 116
Pb (\$/ton)	3,551 - 4,394	1,873 - 2,262	456 - 508
CO ₂ (\$/ton)	0.34 - 3.52	0.34 - 3.52	0.34 - 3.52

Ciclo de Vida de Emisiones

El análisis de ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) es una extensión de los estudios globales y auditorías de energía realizados en los 60s y 70s. Estos estudios intentaron evaluar el costo de los recursos y las implicaciones ambientales de diferentes actividades humanas. LCA es definido por la *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* como “proceso objetivo para evaluar la carga ambiental asociada a un producto, proceso o actividad a través de la identificación y cuantificación del uso de energía y emisiones ambientales, para evaluar el impacto ambiental e implementar posibles mejoras ambientales.” Esta evaluación incluye el ciclo de vida completo del producto, proceso u actividad, incluyendo la extracción y procesamiento de materiales; manufactura, transportación, y distribución; uso o mantenimiento; reciclaje y disposición final (LCA 2008). LCA es conocido por diversos nombres: Life Cycle Analysis, Life Cycle Assessment, Cradle to Grave Analysis, Eco-balancing, y Material Flow Analysis. El LCA surge en respuesta a una mayor conciencia ambiental del público, el gobierno y las industrias.

El análisis de LCA puede ser beneficioso para todos los sectores de la sociedad. Para la industria, puede ayudar a identificar áreas a mejorar en términos ambientales, y el mercadeo de productos como “environmentally-friendly.” Para el público y el gobierno, LCA provee información ambiental, además de identificar productos que tengan un mayor impacto ambiental. LCA puede también ayudar a identificar recursos escasos, y determinar cuáles productos pueden ser sustituidos por unos más sostenibles (LCA 2008).

Existen estudios donde aplican LCA en el área de energía, en especial, las emisiones relacionadas a la producción de electricidad. El LCA aplicado a energía es útil para comparar la producción neta de energía proveniente de diferentes métodos para generación de electricidad y las emisiones de cada método (World Energy Council 2004). En términos puramente económicos, es esencial conocer cuales sistemas de generación producen el máximo por unidad de energía de entrada. El LCA del balance de energía entre las entradas

y las salidas del sistema no es trivial. La primera dificultad es determinar el punto de comienzo del análisis. Luego el análisis pasa por las etapas descritas anteriormente: procesamiento, generación, distribución, uso y las emisiones presentes en cada etapa. Algunos estudios se han realizado para cuantificar los costos externos de la generación de potencia (UIC 2004), (Krewitt 2002), (Koch 2000). Las Tablas 2 y 3 muestran algunos resultados de estudios en Canadá y Alemania respectivamente.

Tabla 2: LCA para Emisiones de Fuentes de Potencia (Canadá)

Tipo de Generación	CO ₂ (g/kWh)	SO ₂ (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	NMVO _C (mg/kWh)
Hidroeléctrica	2-48	5-60	3-42	0
Carbón - planta moderna	790-1182	700-32321+	700-5273+	18-29
Nuclear	2-59	3-50	2-100	0
Gas Natural gas (ciclo combinado)	389-511	4-15000+	13+-1500	72-164
Biomasa	15-101	12-140	701-1950	0
Viento	7-124	21-87	14-50	0
Solar (PV)	13-731	24-490	16-340	70

Tabla 3: LCA para Emisiones de Fuentes de Potencia Comunes (Alemania)

Tipo de Generación	CO ₂ (g/MWh)	SO ₂ (g/MWh)	NO _x (g/MWh)	Particulates (g/MWh)
Nuclear	19,700	32	70	7
Carbón	815,000	326	560	182
Gas Natural	362,000	3	277	18
Petróleo	935,000	1,611	985	67
Viento	6,460	15	20	4.6
PV (residencial)	53,300	104	99	6.1

Los números para cada tipo de generación son distintos debido a varias razones, en especial la localización geográfica de cada estudio. Sin embargo, se pueden ver patrones de emisiones mayores para combustibles fósiles en cada tabla.

El Proyecto ExternE de la Unión Europea

Los países en la Unión Europea han tomado el liderato mundial en cuanto a sostenibilidad energética se refiere. Los analistas de política pública en Europa tienen que tomar en cuenta los aspectos ambientales en su toma de decisiones, y llevar a cabo un análisis de costo-beneficio para todas las opciones disponibles. El documento del Parlamento Europeo "Directions for the EU on Environmental Indicators and Green National

Accounting - The Integration of Environmental and Economic Information Systems,” establece que se deben mejorar los métodos y aumentar el rango del valor monetario del daño ambiental. En el centro de la discusión está como lograr que los costos y beneficios externos se vean reflejados en el costo total de la generación de potencia. A este proceso se le llama “internalización” de los costos externos, y con esto se busca llegar a un mejor balance entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales. De esta forma la Unión Europea espera acercarse a una mayor sostenibilidad en el futuro.

Para lograr esta internalización, los daños socio-ambientales deben ser identificados y un equivalente monetario debe ser estimado. El Proyecto ExternE (Externalities of Energy) de la Unión Europea (UE) tiene como objetivo principal el análisis de los costos ambientales de diferentes métodos de producción de electricidad. Este proyecto comenzó en 1991. Luego de cinco años la UE en unión a un grupo de investigadores de EEUU, presentaron el primer informe del proyecto, donde se describía el marco de análisis a usarse. Fue éste el primer proyecto que propuso costos razonables a los daños ocasionados en la UE por la producción de electricidad (Krewitt, W. 2002).

Tres importantes principios se siguieron en ExternE: a) Transparencia exigía mostrar cómo el trabajo fue hecho, qué estaba siendo evaluado y qué no; b) Consistencia para permitir comparaciones válidas entre diferentes ciclos de combustibles; c) Un amplio rango de impactos de cada combustible fue considerado. Debido a estas guías, el proyecto goza de una alta credibilidad, además de contar con el peritaje de un grupo multidisciplinario de sobre 50 grupos de investigadores de 20 países que se formó para atender la complejidad de este asunto.

EEUU no continuó en el proyecto luego de 1996, pero la UE continuó el mismo. Se identificaron externalidades a usarse para futura política pública, y se generó un marco de análisis para 12 ciclos de combustibles incluyendo carbón, nuclear, petróleo, gas natural, orimulsión, hidro, PV, y viento entre otros. Se evaluaron impactos en temas desde la salud hasta la producción agrícola. No se incluyeron efectos en ecosistemas o calentamiento global pues no se encontró un método aceptable para cuantificar y darle valor monetario. ExternE puede aplicarse a otras áreas relacionadas a energía como la transportación (Krewit 2002).

Los hallazgos principales del proyecto fueron que la energía proveniente de hidroeléctricas y el viento tienen los costos externos más bajos. Algo que comprobó el proyecto fue que el costo de producir electricidad usando carbón o petróleo se duplicaría si los costos externos fueran considerados (Krewit 2002). Es importante notar que esta conclusión se hizo *sin considerar* el calentamiento global, y que los resultados, aunque aplicables directamente a Europa, proveen una guía de las alternativas energéticas con costos externos más bajos.

Un Espacio de Diálogo para la Sostenibilidad Energética

Para alcanzar sostenibilidad energética de forma ética es necesaria la creación de un lenguaje de términos bien definidos, aceptados y comprendidos por todos los sectores de la sociedad. Sobre este entendimiento podemos construir un compromiso y esfuerzo constante para la elaboración, ejecución y continua evaluación de una política pública energética efectiva para Puerto Rico.

Las dificultades asociadas a alcanzar un desarrollo sostenible son comunes en la mayoría de los países. Surgen conflictos entre sectores que perciben competencia o amenaza de parte de otros sectores. Ejemplo de esto es la continua pugna entre el sector ambientalista y el sector desarrollista.

Para alcanzar un desarrollo sostenible es imperativo que ciudadanos comunes, productores de energía, industriales, gobierno, organizaciones no-gubernamentales, y comunidades (los constituyentes) se reúnan en la creación y mantenimiento de espacios de diálogo. Este espacio de diálogo requiere inclusividad y transparencia para alcanzar puntos de convergencia.

La energía sostenible y el consenso mínimo entre constituyentes son metas que van atadas una de la otra (Senge 2008). Alcanzar e involucrar efectivamente a los constituyentes es un componente vital en el desarrollo de una política pública efectiva y resulta imposible alcanzar consenso sin una ética energética común, sin el entendimiento de que el enfrentar y resolver el dilema energético es un deber moral (O'Neill-Carrillo 2008).

En la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez se ha fundado el Instituto Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad (ITEAS) para, entre otras tareas, fomentar la conciencia y participación ciudadana en la búsqueda de soluciones al problema energético de Puerto Rico. Por ejemplo, para proveer estos espacios de diálogo. ITEAS ha retomado la agenda inconclusa de estudiar y buscar alternativas a nuestra dependencia de combustibles fósiles, y establecer el laboratorio internacional de energía tropical que recomendó la Academia Nacional de las Ciencias en 1980. Se pretende cumplir con ITEAS la responsabilidad de aportar a un futuro sostenible para Puerto Rico, y de asumir como un deber moral la búsqueda de soluciones al dilema energético mundial.

Principios Éticos para Guiar Prácticas Sostenibles

La existencia de varias definiciones e indicadores de sostenibilidad sugiere que los asuntos regionales tienen que ser atendidos al implantar medidas sostenibles. Una constante entre las definiciones y proponentes es el papel central de principios éticos para guiar prácticas, tecnologías y políticas sostenibles (Moffat 2001), Proops 2000).

Estudios en Europa han identificado un grupo de principios éticos relacionados a sostenibilidad que pueden ayudar a desarrollar un acercamiento deontológico a la ética energética: el principio de precaución, el de proximidad (ejemplo, problemas ambientales deben resolverse cerca de sus fuentes) y el de equidad (ejemplo, porciones justas).

Principio de precaución

Mucho se ha escrito del principio de precaución, en muchos casos con visiones contradictorias al igual que el caso de la sostenibilidad. Este principio tiene sus orígenes en los años 60, en principios de planificación de Alemania: cuando se considera una innovación tecnológica, se debe ejercer cautela con relación a sus posibles consecuencias (Norton 2005).

En la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, el principio de precaución establece que “donde existan amenazas de daño serio o irreversible, la falta de certeza científica total no debe ser usada como razón para posponer medidas para *prevenir degradación ambiental* (UN 1992).

Los críticos argumentan que aplicar el principio de precaución indiscriminadamente será el fin de los avances tecnológicos, mientras que los defensores señalan que las consecuencias no-intencionadas de los arreglos o parchos tecnológicos pueden minimizarse al aplicar el principio de precaución. En otras palabras, demasiada cautela produce quizás muy poca innovación. Desarrollar prácticas de energía sostenible requiere retar el *status quo* al buscar nuevos paradigmas energéticos y maneras de implantarlos. El riesgo asociado con la incertidumbre de algunas iniciativas sostenibles puede ser contrario al principio de precaución.

Principio de proximidad

El principio de proximidad en la discusión de sostenibilidad está asociado a la descentralización de la conversión y uso de energía. ¿Por qué el desarrollo e implementación de prácticas de energía sostenible debe ser localizada y descentralizada? Diversos centros de innovación y producción pueden ser compatibles con un acercamiento de mercado donde políticas energéticas sostenibles surjan de iniciativas individuales. Por otro lado, dada la historia energética de Puerto Rico, muchas prácticas de energía sostenible requieren un empujón o apoyo fuerte inicial de iniciativas gubernamentales centralizadas. El rol y relevancia del principio de proximidad en el contexto de la Isla necesita mayor estudio.

Principio de equidad

El principio de equidad como contexto teórico en Puerto Rico presenta la oportunidad de señalar las inequidades en la conversión y distribución de energía. Sin embargo, más allá de señalamientos, acciones basadas en este principios pueden requerir una redistribución de poder o influencia de una minoría a una mayoría actualmente sin poder o autoridad. Esto presenta dificultades prácticas en lograr una redistribución que no viole los principios y libertades de una democracia. Una ética energética en Puerto Rico tendría que establecer un balance entre el principio de equidad de la sostenibilidad y el principio ético de la autonomía.

Ética Ambiental

El contexto puertorriqueño necesita una ética ambiental que extienda la consideración moral mas allá de la comunidad humana hacia el ambiente natural. Esto podría ser una

combinación del biocentrismo de Taylor (Taylor 1986), y el ecocentrismo de Aldo Leopold y Baird Calicott, quienes reconocen que los ecosistemas merecen consideración ética (Leopold 1970), (Calicott 1989).

El reto en Puerto Rico involucra la cercanía de los diversos y frágiles ecosistemas con los intereses humanos. Bajo esta ética sería posible dar prioridad a intereses no-humanos en Puerto Rico al sacrificar o limitar el uso de fuentes baratas pero contaminantes de energía por alternativas más limpias que impactan menos el ambiente natural. Determinar cuáles son los intereses básicos ambientales y pesarlos contra los intereses básicos humanos requieren mucho pensamiento y decisiones que como sociedad deben tomar los puertorriqueños.

Las incompatibilidades ontológicas y metodológicas de las tendencias de ética ambiental nos llevan a concluir que en el contexto de la Isla se necesita una estructura o marco pluralista para refinar la ética energética necesaria para basar un futuro sostenible (Stone 1988).

Un punto de partida para el marco pluralista de la ética energética es basar la misma en el concepto de excelencia o virtud. Esta ética aspiracional se está proponiendo en profesiones como la ingeniería y la agrimensura en PR (Frey 2008). Esta reconceptualización provee una avenida para lograr un objetivo común de excelencia moral y excelencia en la búsqueda de un futuro sostenible. La búsqueda de alternativas sostenibles se establece como un deber moral, pero quizás es más conveniente establecer esta búsqueda como un llamado a la excelencia personal y colectiva, comunitaria y profesional, económica y ambiental (Hursthouse 1999). De esta manera la búsqueda de la sostenibilidad se puede convertir en parte central del quehacer profesional, de las políticas energéticas y de la cultura de un pueblo.

Iniciativas de educación e investigación que antes estaban separadas o se hacía difícil integrarlas, pueden unirse dentro de este nuevo marco de excelencia: valor ambiental, inclusividad social y peritaje técnico.

Conclusiones

Una política pública energética efectiva para Puerto Rico se puede alcanzar adoptando la sostenibilidad como principio rector de las decisiones energéticas en la Isla. La búsqueda de un balance entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales, basada en una nueva ética energética y entendiendo las limitaciones naturales y físicas de Puerto Rico, son parte esencial de un futuro energético sostenible. Para encaminarnos a un futuro energético sostenible para Puerto Rico necesitamos comenzar a usar nuestros recursos endógenos. Generar más energía a menor precio o simplemente usar energía renovable es insostenible. Debemos crear una política pública energética para Puerto Rico que nos lleve a consumir energía racionalmente, minimizando el impacto ambiental, entendiendo que el enfrentar y resolver nuestro dilema energético es un deber moral.

La historia de la humanidad está llena de ejemplos en donde países, personas u organizaciones han estado en momentos cruciales de decisión que marcaron su destino. Lo triste en muchos casos, es no darse cuenta en **esos** momentos de la importancia de los mismos. Puerto Rico enfrenta un momento crucial en el desarrollo de sus recursos

energéticos. Salieron del país en el año 2008 miles de millones de dólares para la compra de combustibles fósiles, con precios del petróleo que llegaron a pasar los \$140 el barril.

En PR, donde NO existe ningún combustible fósil, hay que explorar TODAS las posibles alternativas y evaluarlas no sólo en términos de costo-efectividad, sino también en términos ambientales y sociales. Es importante usar un marco de referencia mayor al ciclo político de cada cuatro años, y entender que el problema es mucho más complejo que meramente reducir el costo de la energía eléctrica o la gasolina a corto plazo. El Gobierno y todos los sectores tienen la obligación de tomar decisiones, posturas y realizar inversiones que a corto plazo tengan un costo económico mayor que otras alternativas, pero que a largo plazo son mejores no sólo en términos económicos, sino también ambientales y sociales. Es fundamental establecer nexos entre las agencias de gobierno, la industria, el comercio y la ciudadanía a través de los cuales pasemos de una relación adversarial a una colaborativa, que pasemos de la desconfianza mutua a un compromiso serio y duradero por el bien común, por el bienestar social, ambiental y económico de Puerto Rico.

Las decisiones de infraestructura que de hoy tendrán consecuencias por los próximos 30, 40 años. Las decisiones tomadas hoy sobre la situación energética ponen en juego el futuro de Puerto Rico. La complejidad del problema no puede ser una excusa para no actuar hoy. Hay que enfrentar el problema aunque no se conozcan todas las contestaciones ni toda la profundidad del problema, ya que este proceso requiere un compromiso y un tiempo mayor que el ciclo político de cada cuatro años. Hay que entender que el problema es mucho mayor y complejo que la mera reducción del costo de la energía eléctrica o del precio de la gasolina al detal.

Deben crearse mecanismos participativos de Diálogo, Planificación y Acción con representación de todos los constituyentes. La Universidad de PR, la universidad pública de tod@s los puertorriqueñ@s, se presenta como una posibilidad para generar ese diálogo. Es vital hacer la conexión entre sostenibilidad y ética de manera que surja un lenguaje y un compromiso duradero con la elaboración, ejecución y continua evaluación de una política pública energética sostenible para Puerto Rico.

Referencias

- BP. 2008. *Estadísticas Anuales de la Compañía BP*.
- Callicott, J. 1989. *In Defense of the Land Ethics: Essays in Environmental Philosophy*, SUNY Press, New York.
- Cember, H; Johnson, T.E. 2009. *Introduction to Health Physics*, 4th Edition, McGraw-Hill Medical, New York.
- DOE. 2008. "Hawaii aims for energy independence," DOE/EERE Program News.
- EPA. 2008. *PR and Caribbean Office Statistics for Environmental Protection Agency*.
- Frey, W., O'Neill-Carrillo, E. 2008. "Engineering Ethics in Puerto Rico: Issues and Narratives," *Journal of Science and Engineering Ethics*, JSEE52R1.

- Gelabert, P. 2005. "Política Pública Energética de Puerto Rico: Origen, Implantación y Status," Presentación Invitada en la *Primera Cumbre de Expertos Energía Eléctrica en Puerto Rico: Pasado, Presente y Futuro*. Noviembre de 2005, Colegio de Ingenieros y Agrimensores de PR.
- Graedel H. and Allenby, J. 2003. *Industrial Ecology*, 2nd Ed., Prentice Hall.
- Hohmeyer O. and Ottinger R. (eds.). 1991. *External Environmental Costs of Electric Power*, Springer-Verlag.
- Hohmeyer O. and Ottinger R. (eds.). 1994. *Social Costs of Energy*, Springer-Verlag.
- Hursthouse, R. 1999. *On Virtue Ethics*, Oxford University Press, Oxford.
- Irizarry Rivera, A., O'Neill-Carrillo, E., Colucci-Ríos, J. 2008. *Achievable Renewable Energy Targets in Puerto Rico*, Project Final Report, Puerto Rico Energy Affairs Administration.
- Koch, F. 2000. *Hydropower-Internalised Costs and Externalised Benefits*, International Energy Agency (IEA)-Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programs; Ottawa, Canada.
- Krewitt, W. 2002. "External Costs of energy – do answers match the questions? Looking back at 10 years of ExterneE," *Energy Policy*, 30:839-848.
- Latimer, E. 1997. *Historia de la Autoridad de Energía Eléctrica*. First Book Publishing.
- LCA, 2008 "Life Cycle Analysis and Assessment," <http://www.gdrc.org/uem/lca/life-cycle.html>, Retirado en diciembre de 2008.
- Leopold, A. 1970. *A Sand County Almanac: With Essays on Conservation from Round River*, Ballentine Books, New York.
- ME3, 2008. "Minnesotans for an Energy-Efficient Economy (ME3)," <http://www.fresh-energy.org/index.html>. Retirado en junio de 2008.
- Moffat, J.; Hanlery, R.; Wilson, M. 2001. *Measuring and Modelling Sustainable Development*, Parthenon, New York.
- NAS, 1980. "Energy in Puerto Rico's Future," *Report to the Center for Energy and Environmental Research*, U.S. National Academy of Sciences.
- Norton, B. 2005. *Sustainability*, University of Chicago Press.
- O'Neill-Carrillo, E. Frey, W. Pérez-Lugo, M. Ortiz-García, C. Irizarry-Rivera, A. Colucci-Rios, J.A. "Advancing a Sustainable Energy Ethic Through Stakeholder Engagement," *Proceedings of the IEEE Energy 2030 Conference*, November 2008, Atlanta, GA.
- Pérez Lugo, M., 2009. Comunicación personal con los autores.
- Proops, D., 2000. Wilkinson, "Sustainability, Knowledge, Ethics and the Law," in *Sustainability: Life Chances and Livelihoods*, M. Redcliff (Ed.), Routledge.
- Senge, P, Smith, B., Schley, S., Laur, J., Kruschwitz, N. 2008. *The Necessary Revolution: How individuals and organizations are working together to create a sustainable world*, DoubleDay.
- Shultis, J.K.; Faw, R.E. 2008. *Fundamentals of Science and Engineering*, 2nd Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida.

- Stone, C. 1988. *Earth and other Ethics: The Case for Moral Pluralism*, Harper & Row, New York
- Taylor, P. 1986. *Respect for Nature: A Theory of Environmental Ethics*. Princeton University Press, New Jersey.
- Tomain, J. and Cudahy, R. 2004. *Energy Law*, Thomson Press.
- UIC. 2004. "Energy Analysis of Power Systems," *UIC Nuclear Issues*, Briefing Paper # 57.
- UN. 1987. *Our Common Future*, The World Commission Report on Environment and Development, United Nations, Oxford Press.
- UN. 1992. "Principle 15 of the Rio Declaration," *United Nations Conference on Environment and Development*, Rio de Janeiro, Brazil
- World Energy Council. 2004. *Comparison of Energy Systems using Life Cycle Assessment*, London.

Comunicado de Prensa

Mesa de Diálogo del Sistema Eléctrico de Puerto Rico

7 de diciembre de 2009

Ofrecen Opciones para la Energía Eléctrica en PR

SAN JUAN –El grupo multisectorial denominado La Mesa del Diálogo del Sistema Eléctrico de Puerto Rico anunció hoy en una conferencia de prensa varias recomendaciones y estrategias que consideran tendrán un impacto positivo en el ambiente, la economía, la salud y áreas sociales en Puerto Rico. Las sugerencias incluyen la utilización de recursos renovables y locales, la reducción del uso de energía eléctrica así como opciones para lograr que el sistema eléctrico sea sostenible.

“La mayor parte de todos nuestros impactos ambientales están relacionados con la producción y uso de energía; sobre todo con la quema de combustibles fósiles. Por ello trabajar para transformar el sistema eléctrico de Puerto Rico es esencial para lograr el bienestar de todos en la Isla. Por esto, hacemos estas recomendaciones que surgen luego de una discusión profunda de las diversas perspectivas de los sectores representados en la Mesa”, explicó Juan Rosario de Misión Industrial, una de las organizaciones que compone la Mesa del Diálogo en la que también participan entidades comunitarias, gubernamentales, industriales, sindicales y académicas, con personas que aportan diversas perspectivas económicas y sociales de la energía eléctrica.

Entre las propuestas, según sostuvo Angel Figueroa Jaramillo de la UTIER, se encuentra que el sistema eléctrico local sea uno social, robusto, eficiente, sostenible e innovador, económicamente estable y que contribuya significativamente a la sostenibilidad de Puerto Rico. Señaló que “debemos revisar el contrato de fideicomiso con los bonistas para que podamos desarrollar nuestra propia política energética de conformidad a nuestra realidad y para beneficio socio-económico del país.”

Además, se propone producir 30 por ciento de la energía con la utilización de recursos locales y renovables. Asimismo, se sugiere reducir en un 25 por ciento el uso de energía eléctrica per cápita a través de estrategias de conservación y eficiencia energética a todos los niveles del sistema eléctrico. También, recomiendan crear, desarrollar y establecer procesos decisionales eficaces, transparentes, inclusivos, colaborativos y participativos.

Estas recomendaciones para el futuro de la energía eléctrica en Puerto Rico se hacen públicas el mismo día que comienza en Copenhagen, Dinamarca la Conferencia de Cambio Climático de las Naciones Unidas. Representantes de 192 países estarán discutiendo como lograr una reducción global en las emisiones causadas por la quema de combustibles fósiles. Pero no es necesario esperar por el resultado de Copenhagen, porque hay un informe comisionado por el Congreso de los Estados Unidos de octubre de 2009 donde presenta que los costos sociales en Estados Unidos asociados a la producción, distribución y uso de energía eléctrica son \$63 mil millones anuales. Ante el impacto de estos retos en Puerto Rico, no nos podemos dar el lujo de continuar impulsando intereses particulares poniendo en peligro el futuro de nuestros hijos. Para esto la Mesa de Diálogo del Sistema Eléctrico de Puerto Rico presenta un ejemplo de los procesos multi-sectoriales que deben ocurrir. La Mesa iniciará una cruzada en diferentes puntos de la Isla para ampliar la participación y fuerza de este plan proveyéndole espacios a los ciudadanos.

Por su parte, Roberto Monserrate de la Asociación de Industriales explicó que el sistema eléctrico ha sido fundamental para PR y su desarrollo socioeconómico en el Siglo XX. Sin embargo, según señaló, se basó en una presunción de petróleo barato y disponible, por lo que heredamos estructuras físicas y decisionales, que al día de hoy, no son sostenibles.

“Uno de los principales problemas del costo de la energía eléctrica en PR es nuestra dependencia de combustibles fósiles que vienen del exterior. Es necesaria una transformación del sistema eléctrico que permita reducir al máximo posible esta dependencia, mientras se mantiene un sistema fuerte y confiable”, dijo por otro lado John Miller, de la Alianza Energética. Agregó que la transformación del sistema eléctrico debe convertirlo en uno con menor impacto ambiental, que dirija a PR hacia la sostenibilidad. En ese proceso es necesario determinar los costos reales de la energía eléctrica a todos los niveles, informar a toda la ciudadanía de los mismos, e incorporar los costos ambientales y sociales en dicho costo.

“Estas recomendaciones se basan en una visión futura de nuestro sistema eléctrico donde este se vislumbra como un sistema social y material, sostenible e innovador, que anticipe y asimile cambios de mercado y patrones de consumo, y utilice recursos energéticos locales y renovables”, explicó Efraín O’Neill, coordinador de la Mesa y director del Instituto Tropical de Energía Ambiente y Sociedad (ITEAS) del Recinto Universitario de Mayagüez (RUM). Estas recomendaciones tienen estrategias y métricas asociadas e incluidas en un documento titulado “Plan Estratégico para Promover la Sostenibilidad del Sistema Eléctrico de Puerto Rico” que se encuentra en <http://iteas.uprm.edu/mesa>

Colaboradores/as

El Dr. Iván Baigés es Catedrático Asociado desde el año 2004 en el Departamento de Ciencias de Ingeniería y Materiales y es Director de ITEAS. Tiene un doctorado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Florida. Sus intereses de investigación incluyen diseño y manufactura de partes plásticas, uso de material reciclado en nuevos productos, ecología industrial, diseño de productos, análisis de ciclo de vida y procesos Ecoeficientes. Ha colaborado con compañías como Hewlett Packard Puerto Rico en el desarrollo de conocimiento relacionado al uso de material reciclado en productos y servicios. También ha colaborado con compañías de productos médicos como Boston Scientific, Advanced Medical Optics, Roche Diagnostics y Stryker on Design for Manufacturing Projects. En la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez colaboró en la creación del sistema de manejo de materiales y desperdicios del Recinto y está desarrollando el sistema de manejo de impacto de materiales.

El Dr. José Colucci Ríos, PE, es Catedrático de Ingeniería Química (INQU) desde hace aproximadamente 18 años. Actualmente es Decano Asociado de Investigación y Estudios Graduados de Ingeniería en el RUM y es parte del Comité Ejecutivo del Instituto Tropical de Energía, Ambiente y Sociedad (ITEAS) del RUM. Ha sido electo Profesor Destacado de INQU del RUM, Investigador Destacado de la UPR, Ingeniero Químico Distinguido del CIAPR y recibió el 2009 EPA Region II Environmental Quality Award. Se le reconoce como el primer proponente del uso de biodiesel, "fuel cells" y otras tecnologías y estrategias renovables para Puerto Rico. Ha organizado decenas de actividades de educación continua para el CIAPR y otras organizaciones profesionales en PR. Actualmente co-dirige el primer centro de investigación en biorefinerías en PR en busca de un modelo integral para la agricultura, combustibles y energía.

El Dr. Agustín A. Irizarry Rivera, PE es Catedrático de la Facultad de Ingeniería del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico y está adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras desde enero de 1997. Durante este tiempo a enseñado

cursos graduados y subgraduados en ingeniería de potencia eléctrica e ingeniería eléctrica. Obtuvo su bachillerato en la Universidad de Puerto Rico Mayagüez en 1988, su maestría en “University of Michigan, Ann Arbor” en 1990 y su doctorado en “Iowa State University”, Ames en 1996. Todos los grados en ingeniería eléctrica. Sus intereses de investigación son en fuentes de energía sostenible y como ajustar la red eléctrica para su uso efectivo. Ha recibido reconocimientos como Ingeniero Electricista Distinguido 2005 del Instituto de Ingenieros Electricistas del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico, el “2004 Professional Progress in Engineering Award” (PPEA) de Iowa State University, y “Profesor Destacado de Ingeniería Eléctrica y Computadoras 2003-2004” del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. Es autor de más de 30 publicaciones arbitradas incluyendo dos artículos de libro. Es miembro del “Institute of Electrical and Electronic Engineers” (IEEE) y posee licencia para ejercer la profesión de ingeniero en Puerto Rico desde 1991. Ha sido consultor al gobierno de Puerto Rico en el tema de fuentes de energía renovables, a potenciales desarrolladores en asuntos de ubicación de proyectos eólicos y a compañías aseguradoras en materia de evaluación de la operación segura y económica de sistemas de potencia eléctrica.

Hillmon P. Ladner, EIT es ingeniero en la Compañía Georgia Power en Atlanta. Tiene un bachillerato en Ingeniería Eléctrica del RUM, y obtuvo una maestría en Ingeniería Eléctrica en el verano de 2009.

El Dr. Efraín O’Neill Carrillo, PE es Catedrático de Ingeniería Eléctrica (INEL) en el RUM desde 1999 y Co-Director de CIVIS: Centro de Recursos para la Educación General del RUM. Ha sido electo Profesor Destacado del año de INEL, Ingeniero Electricista Distinguido del Año del CIAPR, y obtenido el Walter Fee Outstanding Young Engineer Award de la IEEE Internacional. Ha sido el investigador principal en proyectos de la National Science Foundation en las áreas de calidad de potencia, sistemas renovables y política energética, además de realizar estudios sobre la viabilidad de la conexión de sistemas de energía renovable a la red de distribución de Puerto Rico. Es co-autor de dos capítulos de libros, ha escrito sobre 50 artículos en revistas y conferencias arbitradas, ha organizado decenas de actividades de educación continua para el CIAPR incluyendo el *Industry-University Symposium* (2003) y la *Primera Cumbre de Expertos en Energía* (2005), y es organizador y presidente fundador de los capítulos de la IEEE PR Oeste de la "Power and Energy Society", y la "Education/Society for Social Implications of Technology".

El Dr. Cecilio Ortiz García posee un doctorado en Administración Pública de la Universidad del Estado de Arizona con especialidad en Política Pública Ambiental. Es catedrático auxiliar en el Programa de Ciencias Sociales del Departamento de Ciencias Sociales en la UPRM. También es investigador asociado al Centro de Investigación Social Aplicada del Departamento de Ciencias Sociales y miembro del comité ejecutivo de ITEAS. Es autor de varios informes técnicos que incluyen aspectos del movimiento ambientalista, justicia ambiental, asuntos fronterizos, y más recientemente aceptación social de energía renovable en Puerto Rico. Sus cursos incluyen Administración Pública, Justicia Ambiental y Análisis de Política Pública a nivel graduado y subgraduado. Actualmente trabaja con estudiantes del programa doctoral en Ingeniería Civil de la UPRM en asuntos de sostenibilidad en el diagnóstico de infraestructura crítica. También es miembro del Concilio Nacional Ambiental Hispano de los Estados Unidos.

La Dra. Marla Pérez Lugo es Socióloga Ambiental, con un doctorado de Rutgers, la Universidad del Estado de New Jersey. Actualmente es Catedrática Asociada del Programa de Sociología del Departamento de Ciencias Sociales. Sus cursos incluyen Introducción a la Sociología Ambiental, Problemas Sociales del Mundo Contemporáneo, y Métodos de Investigación en las Ciencias Sociales. También es investigadora afiliada al Centro de Investigación Social Aplicada (CISA) del Departamento de Ciencias Sociales y Directora Asociada de ITEAS. Sus intereses de investigación comprenden la Sociología de los Desastres Naturales, Vulnerabilidad y Riesgo, Educación Ambiental y Aceptación Social de Energía Renovable. Sus publicaciones incluyen varios informes técnicos y artículos en revistas arbitradas a nivel internacional.