



Caguas: Sustainable Energy Showcase

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

University of Puerto Rico, Mayagüez



INFORME FINAL

abril de 2007



Corredor Energético de
Caguas

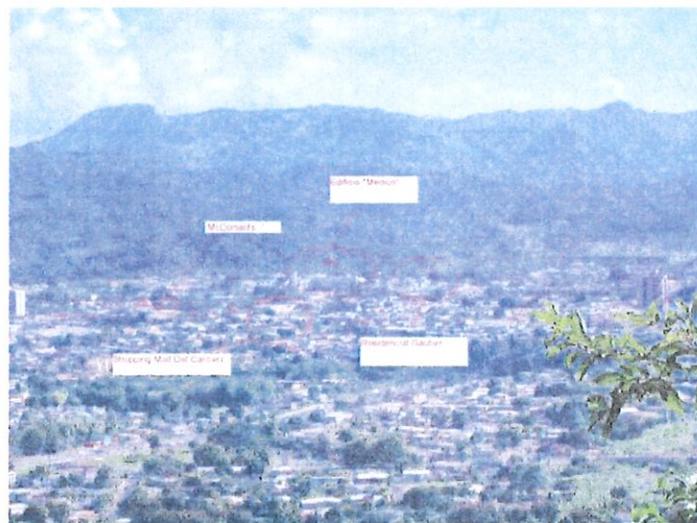


Table de Contenidos

Resumen	5
1. Introducción	9
2. Método	10
2.1 Perfil energético, recursos renovables y estrategias por sector	10
2.1.1 Sector Residencial	11
Trabajo de Campo en el Sector Residencial Urbano	11
Proyectos Sugeridos en el Sector Residencial Urbano	13
Trabajo de Campo en el Sector Residencial Rural: Comunidad San Salvador	13
Proyectos Sugeridos en el Sector Residencial Rural	14
Medición de Recurso Eólico en San Salvador	14
Conservación de Energía Eléctrica Cambiando Bombillas Incandescentes a Bombillas Compactas Fluorescentes y su Efecto en la Red Eléctrica	17
Conservación de Energía Eléctrica Usando Calentadores Solares Termales y Bombillas Fluorescentes: Efecto en la Red Eléctrica	24
2.1.2 Sector Comercial	30
Proyectos Demostrativos Sector Comercial	34
2.1.3 Sector Industrial	39
2.1.4 Sector Gubernamental	42
3.0 Plan de Ejecución - Regiones de Alta Visibilidad	45
<i>Agradecimientos</i>	46
Anejos	A47
Anejo 1 – Actividades Relacionadas	A48
Anejo 2 - Estudio Energético para el Municipio Autónomo de Caguas Sector Residencial	A52
Anejo 3 - Estudio Energético para el Municipio Autónomo de Caguas Sector Residencial (Formulario)	A53
Anejo 4 – Presentación de Ahorro de Energía	A55

Table de Contenidos

Tablas, Figuras y Fotos

Tabla R1. Sector Gubernamental, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.	6
Tabla R2. Sector Residencial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.	6
Tabla R3. Sector Comercial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.	7
Tabla R4. Sector Industrial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.	7
Tabla R5. Proyectos Emblemáticos Propuestos.	9
Foto 1. – Firma de Contrato	9
Figura 1. Mapa mostrando la ubicación aproximada de las lomas identificadas para instalar un sistema de medición de viento en la Comunidad San Salvador.	15
Foto 2. Foto de satélite mostrando la ubicación de las lomas identificadas para instalar un sistema de medición de viento en la Comunidad San Salvador.	16
Figura 2. Consumo de electricidad residencial por uso.	18
Tabla 1. Estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes cambian 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes. Se presume que las bombillas se usan tres (3) horas diarias.	20
Tabla 2. Estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial y para todo Caguas al cambiar 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes. Se presume que las bombillas se usan tres (3) horas diarias.	21
Tabla 3. Promedios de precio de venta de electricidad por sector en Puerto Rico.	22
Tabla 4. Valor del ahorro, por residencia, que se obtiene usando 10 bombillas compactas fluorescentes durante 3 horas diarias con costo instalado de \$20 (\$2/bombilla).	23

Tabla 5. Estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes usan calentadores de agua solares en lugar de eléctricos.	26
Tabla 6. Estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial y para todo Caguas al usar calentadores de agua solares en lugar de eléctricos.	26
Tabla 7. Promedios de precio de venta de electricidad por sector en Puerto Rico y los Estados Unidos en ¢/kWh.	28
Tabla 8. Valor Presente del ahorro por residencia que se obtiene usando un calentador de agua solar durante 25 años, a 4% de tasa de retorno y costo instalado de \$1,200	28
Figura 3. Cantidad de negocios vs. categorías.	30
Figura 4. Cantidad de negocios vs. tecnología potencial	31
Tabla 9. Resumen de actividades de auditoria energética a realizar en edificios.	32
Figura 5. Pago promedio de electricidad para algunos clientes comerciales	34
Figura 6. Análisis Económico de sistema fotovoltaico sin incentivos.	36
Figura 7. Análisis Económico de sistema fotovoltaico con incentivos de \$4/W.	37
Foto 3. El doctor O'Neill y la línea de transmisión que cruza el Monte Borrás. Foto tomada el 7 de noviembre de 2006 durante la inspección del Monte Borrás.	40
Foto 4. Foto de satélite mostrando la ubicación del lugar escogido para instalar un sistema de medición de viento en el Cerro Borrás.	41
Tabla 10. Detalle de costos del sistema de medición NRG.	42
Figura 8. Consumo de Energía Eléctrica en Algunos Edificios Municipales.	43
Tabla 11. Proyectos demostrativos para el sector gubernamental.	44
Foto 5. Posible Proyecto de Alta Visibilidad: Corredor Energético de Caguas. Incluye áreas residenciales, comerciales y edificio con oficinas de servicio.	45

Resumen

Los objetivos de este proyecto, según se definieron en la propuesta que da origen al mismo, fueron; identificar el perfil energético del Caguas actual y diseñar un nuevo perfil del Caguas energéticamente más sustentable para los años 2009 y 2020 basados en los recursos primarios de Puerto Rico: Sol, Aire, Gente y Agua (SAGA). Además se desarrollaron propuestas individuales de implementación de proyectos de alta visibilidad en los sectores gubernamental, industrial, residencial y/o comercial.

Las actividades realizadas para alcanzar estos objetivos fueron:

- i) Estudios de campo para identificar el perfil energético actual de Caguas. Este estudio incluyó los sectores gubernamental, industrial, residencial y comercial. El estudio será en colaboración con el personal técnico asignado a este proyecto por el Municipio de Caguas.
- ii) Identificamos siguiendo los resultados del perfil energético del Caguas actual, para cada sector, las oportunidades de mayor impacto (ahorro de energía y generación usando renovables) al parear las necesidades del sector con las tecnologías renovables que mejor satisfagan dichas necesidades.
- iii) Especificamos un itinerario de ejecución que incluye el por ciento estimado de impacto del uso de tecnologías renovables, conservación y eficiencia energética por sector.
- iv) Presentamos propuestas de proyectos demostrativos de alta visibilidad en los sectores gubernamental, industrial, residencial y comercial.

Una importante señalar el carácter integrado de los proyectos a proponer, donde asuntos tecnológicos, económicos y sociales han considerados.

Las Tablas R1, R2, R3 y R4 muestran, para los sectores gubernamental, residencial, comercial e industrial respectivamente, las oportunidades de mayor impacto en términos de ahorro de energía y generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto del uso de tecnologías renovables, conservación y eficiencia energética para los años 2009 y 2020.

Los proyectos demostrativos de alta visibilidad aparecen resumidos en la

Tabla R5.

Tabla R1. Sector Gubernamental, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.

Estrategia / tecnología	% de reducción 2009	% de reducción 2020	Notas
Eficiencia en iluminación	0.075	0.225	7.5% del total gubernamental
Conversión a Biodiesel	5.0	10.0	
Fotovoltaico	0.025	0.10	Requiere incentivos y medición neta
Eólico	0	3?	Requiere un acuerdo de compra de energía
TOTAL	0.9 eléctrico 5 biodiesel	3.3 eléctrico 10 biodiesel	

Tabla R2. Sector Residencial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.

Estrategia / tecnología	% de reducción 2009	% de reducción 2020	Notas
Eficiencia en iluminación	0.3	1.4	
Solar termal (calentadores de agua)	1.5	7.4	
Fotovoltaico	0	1.9 2500 houses @ 3 kW	Requiere incentivos y medición neta
Eólico	0	0.5? 250 houses @ 2 kW	Requiere medición del viento y programa de medición neta
TOTAL	1.8	11.2	

Tabla R3. Sector Comercial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.

Estrategia / tecnología	% de reducción 2009	% de reducción 2020	Notas
Eficiencia en iluminación	0.4	3.8	
Solar termal (calentadores de agua)	?	?	Requiere más estudio
Fotovoltaico	0.27	up to 5	10 MW max Requiere incentivos y medición neta
Conversión a Biodiesel	1	40	B2 50% de las estaciones de gasolina
TOTAL	0.67 eléctrico 1 biodiesel	Hasta 8.8 eléctrico 40 biodiesel	

Tabla R4. Sector Industrial, estrategias de ahorro de energía y tecnología de generación usando renovables y el por ciento estimado de impacto para los años 2009 y 2020 en Caguas.

Estrategia / tecnología	% de reducción 2009	% de reducción 2020	Notas
Eficiencia en iluminación	?	0.2	
Solar termal (calentadores de agua)	?	?	Requiere más estudio
Fotovoltaico	0.01	?	Requiere incentivos
Celdas Combustibles	0	3	+3 MW termal
Eólico	0	0.5	Requiere medición
TOTAL			

1. Introducción

El 1 de septiembre de 2006 se firmó oficialmente el acuerdo de entendimiento al igual que el contrato que inició formalmente la iniciativa *Caguas Energéticamente Sustentable* entre el municipio autónomo de Caguas y el Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. La actividad protocolaria se llevo a cabo en el Municipio de Caguas el 17 de octubre de 2006. Asistieron a la ceremonia el alcalde de Caguas William Miranda Marín acompañado de varios



funcionarios del municipio. En adición, estuvo presente la vicepresidenta de investigación de la UPR, Dra. Emma Fernández de Rebollet, el rector de la UPRM, Dr. Jorge I. Vélez Arocho y el decano de la facultad de ingeniería de la UPRM, Dr. Ramón Vásquez Espinosa. Los tres investigadores del proyecto, Drs. Agustín

Irizarry Rivera, Efraín O'Neill Carrillo y José Colucci Ríos también estuvieron presentes. Además asistieron varios representantes de los sectores industrial y comercial de Caguas incluyendo las compañías Panzardi-ERM, Solartek, Pfizer Pharmaceuticals y Gatsby. Otro invitado de la UPR fue el Dr. Edmundo Kraiselburd, director del Centro de Investigación de Primates del Caribe.

Los objetivos de este proyecto, según se definieron en la propuesta que da origen al mismo, fueron; identificar el perfil energético del Caguas actual y diseñar un nuevo perfil del Caguas energéticamente más sustentable para los años 2009 y 2020 basados en los recursos primarios de Puerto Rico: Sol, Aire, Gente y Agua (SAGA). Además se desarrollaron propuestas individuales de implementación de proyectos de alta visibilidad en los sectores gubernamental, industrial, residencial y/o comercial.

Las actividades realizadas para alcanzar estos objetivos fueron:

- i) Estudios de campo para identificar el perfil energético actual de Caguas. Este estudio incluyó los sectores gubernamental, industrial, residencial y comercial. El estudio será en colaboración con el personal técnico asignado a este proyecto por el Municipio de Caguas.
- ii) Identificamos siguiendo los resultados del perfil energético del Caguas

actual, para cada sector, las oportunidades de mayor impacto (ahorro de energía y generación usando renovables) al parear las necesidades del sector con las tecnologías renovables que mejor satisfagan dichas necesidades.

- iii) Especificamos un itinerario de ejecución que incluye el por ciento estimado de impacto del uso de tecnologías renovables, conservación y eficiencia energética por sector.

Presentamos propuestas de proyectos demostrativos de alta visibilidad en los sectores gubernamental, industrial, residencial y comercial.

2. Método

2.1 Perfil energético, recursos renovables y estrategias por sector

Comenzamos a determinar el perfil energético del Caguas actual (2006-2007) usando datos previamente publicados, como los datos del Censo 2000, y datos disponibles en el Municipio de Caguas tales como el registro de patentes (para el sector comercial e industrial).

De estos datos preliminares debemos notar que Caguas tiene una población de 140,502 de acuerdo al Censo de 2000, ocupa un área de 147 kilómetros cuadrados (58.6 millas cuadradas), posee 50,568 viviendas habitadas y tienen un consumo de potencia eléctrica estimado de 100 MW. El 39% de este consumo de electricidad corresponde al sector residencial, el 42% al sector comercial, el 17% al sector industrial y 2% a otros sectores (entre estos otros sectores se encuentra el gubernamental que consume el 1% del total del consumo de Caguas).

Usando estos datos preliminares establecimos un muestreo adecuado para cada sector bajo estudio. Para el sector gubernamental no hubo muestreo pues trabajamos con los datos de todas las facilidades.

Para el sector residencial decidimos trabajar con una comunidad rural, San Salvador, una comunidad urbana Idamaris Gardens y Valle Tolima y con un residencial, el Gautier Benítez.

Para el sector comercial hicimos una clasificación de tipo de negocio usando los datos de negocios suministrados por el Municipio y pareando el tipo de negocio de forma preliminar con potenciales tecnologías renovables. La clasificación se hizo usando una escala entre 1 y 5 donde 1 representa un nivel mínimo de

potencial uso de tecnologías renovables, eficiencia y conservación y 5 representa un alto potencial de uso de tecnologías renovables eficiencia y conservación. Las tecnologías renovables que consideramos fueron: fotovoltaica, solar termal, eólica y celdas combustibles.

En el caso del sector industrial visitamos a la farmacéutica Pfizer pues consume 7MW. Las industrias MOVA y Myland consumen entre 2 y 3 MW cada una por lo que entre las tres (Pfizer, MOVA y Myland) representan el 75% de la demanda industrial.

2.1.1 Sector Residencial

En el sector residencial consideramos las tecnologías solar: termal, fotovoltaico, eólica, conservación y eficiencia energética.

Trabajo de Campo en el Sector Residencial Urbano

Se realizaron visitas de campo a comunidades urbanas que incluyeron el Residencial Gautier Benítez, y las urbanizaciones Idamaris Gardens y Valle Tolima.

Los residentes de Valle Tolima expresaron preocupación con las instalaciones eléctricas del Centro Comunal, en específico con cables expuestos cerca del contador. Además, la puerta del interruptor de la iluminación del parque de pelota no ofrece seguridad apropiada, ya que algunas personas han forzado la puerta para introducir objetos para prender y apagar las luces. Se realizaron inspecciones en ambos centros comunales de Idamaris Gardens y Valle Tolima para determinar la demanda de energía eléctrica y someter recomendaciones de posibles proyectos.

En el área de caminar que comparten Idamaris Gardens y Valle Tolima se instalaron luminarias solares. Además, en el estacionamiento cerca de la cancha de baloncesto, también hay luminarias solares. Estos son esfuerzos importantes, sin embargo, los residentes mostraron preocupación que la iluminación de estas luminarias no es apropiado. Luego de una inspección visual de las mismas, tanto de día como de noche, comprueban este punto. Al parecer no se usaron las bombillas del tamaño correcto para que provean suficiente iluminación. Esto genera un problema de mala percepción por parte de los residentes hacia los proyectos de energía renovable.

Lamentablemente en Puerto Rico a veces no se realizan los mejores trabajos, y por ahorrar dinero, se diseñan sistemas que no cumplen con los objetivos del cliente. En el caso de proyectos renovables, todo proyecto que no trabaje de manera óptima se convierte en un contra-ejemplo que puede ser usado para

atacar el uso de energía renovable. Agradadamente, el estacionamiento de la escuela aledaña al área recreativa de Idamaris Gardens y Valle Tolima tiene también luminarias solares con el tamaño apropiado y que iluminan el área muy bien. Es importante que el Municipio de Caguas desarrolle una política y unas guías precisas del tipo y calidad de equipo que se debe usar al momento de desarrollar proyectos con energía renovable. En el caso de Idamaris Gardens y Valle Tolima, hay que investigar si el problema se resuelve con cambiar las bombillas, o si todo el sistema se diseñó pensando en ese tamaño de bombillas. Si el alambrado y el sistema de carga de la batería se hicieron para una bombilla de tamaño pequeño (bajo consumo), el cambiar a una bombilla más grande puede requerir re-alambrar, y cambiar el sistema de carga de la batería para cumplir con el tiempo que se desee que opere la iluminación.

Se desarrolló una presentación sobre energía eléctrica y como ahorrar dinero, y se ofreció la misma el 1ro de febrero de 2007 a los residentes de Idamaris Gardens y Valle Tolima. Los residentes reaccionaron muy positivamente a la presentación, e hicieron preguntas al final de la misma. Esta presentación está incluida como anejo de este informe, y se pudiera capacitar a empleados del Municipio para que la ofrezcan en otras áreas de Caguas.

Nos reunimos junto al Ing. Hernández con la Sra. Carmen A. García, Gerente de Proyectos de Vivienda Pública y con la Sra. Minerva Reyes, Presidente de la Junta de Residentes del Residencial Gautier Benítez. La Sra. Reyes lleva sobre 40 años residiendo en el Residencial Gautier, y es además Presidenta de Eco-reciclaje, empresa de auto-gestión comunitaria. El Residencial cuenta con 492 viviendas divididas en 51 edificios. Algunos edificios son de 2 pisos otros de 3 pisos. El Residencial cuenta con una iniciativa de incubadora de micro-empresas con diversos servicios para los residentes. Este Residencial es el único administrado por el Municipio de Caguas, lo que facilita el acceso y ayuda de personal con posibles proyectos demostrativos. La Sra. Reyes recomendó que la mejor alternativa para conseguir información para el estudio energético es con un cuestionario, de no más de 10 preguntas, y suministrado por la Junta de Residentes. La Junta tiene experiencia previa en este asunto, y usualmente tienen éxito en conseguir una muestra mayor al 50%. El Dr. O'Neill generó el cuestionario (incluido como anejo) y lo hizo llegar a la Sra. García. La Junta lo evaluó y ayudó a suministrar el cuestionario. El Dr. O'Neill evaluó las contestaciones junto a dos estudiantes graduados. El Residencial Gautier está programado para ser remodelado en el 2007 con fondos de HUD. El Ing. Hernández coordinó una reunión con la Lcda. Mónica Vega, Directora de Vivienda Pública Municipal, para discutir los planes de remodelación del Residencial. El Dr. O'Neill se reunió con la Lcda. Vega y su equipo de trabajo para discutir el estatus de la remodelación y la posibilidad de incluir algunos proyectos de energía renovable en el diseño. Una posible área de gran impacto sería incluir como parte de la remodelación el uso de calentadores solares en los apartamentos.

Existen a nivel federal varios incentivos que pudieran ser usados para financiar parte del costo de las iniciativas renovables en el Residencial.

Proyectos Sugeridos en el Sector Residencial Urbano

De la inspección de los centros comunales de Idamaris Gardens y Valle Tolima se determinó que sus cargas principales son iluminación, abanicos y equipo a conectarse en receptáculos de 120 voltios. En planes tienen establecer un centro de cómputos y biblioteca electrónica. Para este tipo de carga se recomienda establecer un sistema de energía fotovoltaica con capacidad de 5 kW para cada uno de los Centros Comunales. El costo de cada uno de estos sistemas (sin baterías) es de \$40,000 cada uno. Se necesita establecer una política pública municipal para incentivar este tipo de proyecto, y evaluarlo, no solo en términos económicos, sino también en su impacto positivo educativo y ambiental. Además, Caguas puede impulsar y apoyar legislación a nivel estatal para que la medición neta ("net metering") se haga una realidad en Puerto Rico. Esto permitiría inyectar a la red de distribución de energía eléctrica la energía que se obtenga del sistema solar durante el día, y por la noche usar esa energía sin la necesidad de baterías. Esto además reduciría en retorno en la inversión del sistema.

En el Residencial Gautier Benítez, la Junta ayudó a repartir y recopilar los cuestionarios a los residentes sobre uso de energía eléctrica. De 492 familias, 213 contestaron el cuestionario, de éstos, se pudo utilizar el 40.45% o 199 cuestionarios como muestra razonable del perfil energético residencial. En promedio viven en cada apartamento 3 personas. Las cargas más comunes son: estufas eléctricas (93%), iluminación incandescente (91%), acondicionadores de aire de ventana (78%), calentadores de agua de línea (68%). La factura promedio de energía eléctrica ronda entre \$80 y \$100. Se recomienda establecer un programa agresivo de uso de bombillas fluorescentes compactas, que pueden ayudar a reducir hasta el equivalente a un mes de energía eléctrica. Se recomienda explorar la posibilidad del uso de calentadores solares de agua durante la remodelación del Residencial para lograr un ahorro energético mayor. Se inspeccionó el edificio que alberga el Centro Comunal y las Oficinas Administrativas del Residencial. Se recomienda un sistema con capacidad de 5 a 10 kW para este edificio. El costo del sistema sería entre \$40,000 y \$80,000 (for the 5 kW without batteries)

Trabajo de Campo en el Sector Residencial Rural: Comunidad San Salvador

En el sector residencial rural visitamos la Comunidad San Salvador, que queda en un valle. Inspeccionamos el lugar e identificamos un cerro que podría tener buen

potencial para un proyecto de viento. Hay evidencia de para ubicar un sistema de medición de viento. El cerro desciende hasta un valle donde ubica la escuela de la comunidad, un "Head Start" y el Centro Comunal. Estos edificios tienen un buen potencial para proyectos fotovoltaicos.

Proyectos Sugeridos en el Sector Residencial Rural

En el Centro Comunal se puede instalar un sistema fotovoltaico con capacidad de 5 kW. Esta capacidad se recomienda tomando en cuenta la carga eléctrica identificada en los centros comunales de Valle Tolima e Idamaris Gardens. El costo de este sistema, sin baterías, es de \$40,000 sin incentivos. Nuevamente se hace necesario que el Municipio apoye e impulse la adopción de "Net metering en Puerto Rico" para que el exceso de generación de este sistema beneficie por ejemplo, a la escuela o al "Head Start" cercanos al Centro Comunal. Se pudiera también coordinar con el Departamento de Educación para que se establezca un sistema solar en la escuela, y hacer de esta área un ejemplo de proyectos de energía renovable.

Medición de Recurso Eólico en San Salvador

Por ley Federal los abonados de compañías eléctricas pueden generar su propia electricidad substituyendo de esta manera la electricidad que de otra forma tendrían que comprarle a la compañía eléctrica. Si el abonado produce más electricidad de la que consume puede vender a la compañía eléctrica el exceso de energía. La compañía eléctrica está obligada a comprar esta energía a precio "al por mayor", al llamado "costo evitado". El precio al por mayor es menor que el precio que paga el abonado a la compañía eléctrica por la electricidad. La compra venta de energía, del abonado a la compañía eléctrica, se monitorea usando un metro que lo tiene que pagar e instalar el abonado. Estos costos fijos de interconexión y medición pueden hacer que sistemas pequeños de generación de electricidad usando energía renovable no sean costo efectivos.

Bajo el concepto de medida neta ("net-metering") la electricidad que produce un abonado y que no consume puede inyectarse al sistema eléctrico de la compañía eléctrica a través del contador existente. El contador "corre al revés" acreditándole esta energía al abonado al precio que usualmente paga el abonado por la compra de energía.

Proponemos un proyecto comunitario demostrativo de alta visibilidad para la Comunidad San Salvador de Caguas. En esta comunidad existen dos recursos renovables, sol y viento. El uso costo efectivo de estos recursos es mayor si adelantamos el concepto de medida neta.

Debido a que el recurso eólico varía significativamente de un lugar a otro es necesario medir el viento que recibe la Comunidad San Salvador. Además hace falta caracterizar el recurso eólico para parrear el mismo con los aerogeneradores más costo efectivos para dicha comunidad.

Visitamos e inspeccionamos la Comunidad San Salvador el 7 de noviembre de 2006. En esta visita identificamos unas lomas que podría tener buen potencial para un proyecto de viento. La Figura 1 muestra el lugar aproximado de estas lomas. El cerro desciende hasta un valle donde ubica la escuela de la comunidad, un "Head Start" y el Centro Comunal. Estos edificios tienen un buen potencial para proyectos fotovoltaicos.

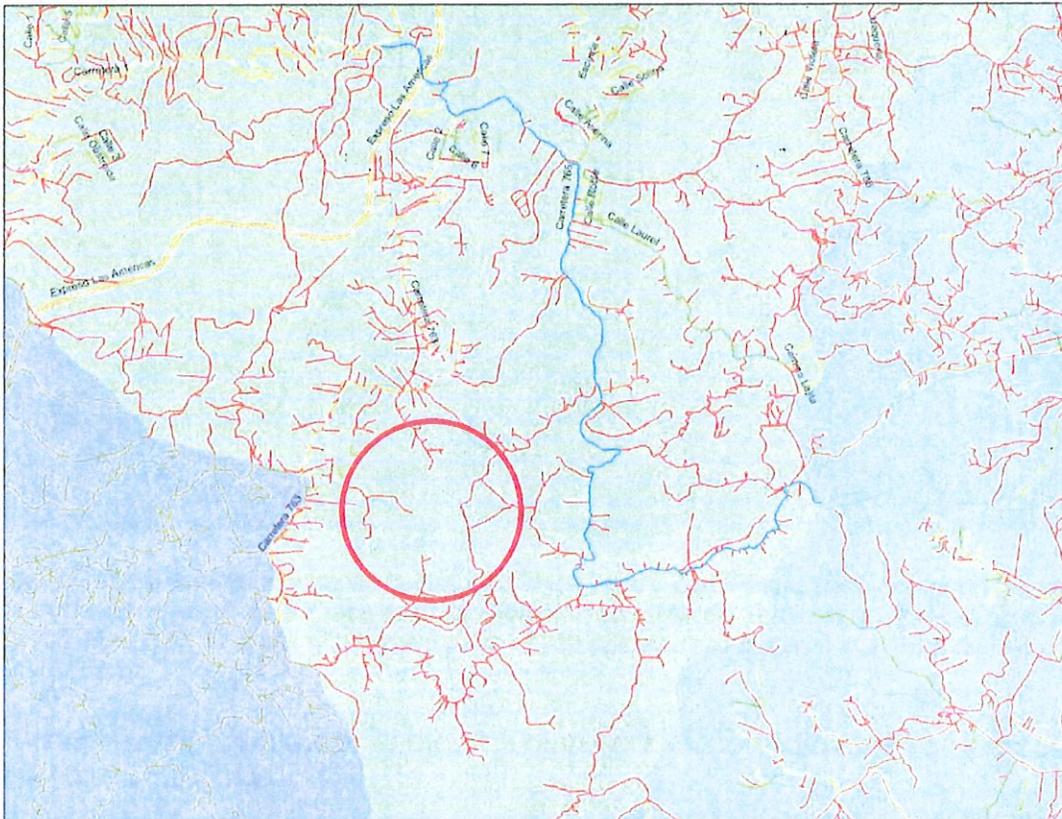


Figura 1. Mapa mostrando la ubicación aproximada de las lomas identificadas para instalar un sistema de medición de viento en la Comunidad San Salvador.

Proponemos la compra e instalación de un sistema comercial de medición de viento en la cara noroeste de una de estas lomas (la que resulte más accesible) en la Comunidad San Salvador. Este lugar posee cuatro características deseables para considerar el desarrollo de un proyecto eólico, a saber; aparenta poseer viento, hay terreno disponible, el lugar es accesible por carretera y se encuentra ubicado cerca de líneas eléctricas. La Foto 2, abajo, ubica las lomas y las estructuras de la comunidad con relación al mapa de la Figura 1.



Foto 2. Foto de satélite mostrando la ubicación de las lomas identificadas para instalar un sistema de medición de viento en la Comunidad San Salvador. La ubicación aproximada de estas lomas es $18^{\circ} 08' N$, $66^{\circ} 03' W$ a una altura entre 1100 y 1200 pies sobre el nivel del mar. Foto Cortesía de Google Earth.

Además hemos identificado el mejor equipo para asegurar una medición exitosa a un costo razonable.

Recomendamos instalar una torre de medición de 40 metros de altura con capacidad para medir y recolectar datos de viento a dos alturas distintas por un período de al menos un año. El objetivo de medir a dos alturas distintas es determinar la variación de la velocidad del viento con variación en altura en la Comunidad San Salvador. Si el recurso eólico es favorable conocer su variación con la altura resulta de mucha importancia para poder realizar la siguiente fase de un proyecto eólico, seleccionar la mejor turbina disponible comercialmente.

Nuestra búsqueda de fabricantes y equipo indica que los sistemas de medición de la compañía "NRG Corporation" son bien conocidos y recomendados a través de la industria de generación eólica. El costo estimado de un sistema de medición NRG es de unos \$14,500.

Además de la instalación y recogido de datos hace falta el procesamiento y análisis de los mismos. Al completarse la colección de datos de viento durante un año se presentará un informe con los datos de viento sin procesar y los datos procesados.

Finalmente llevaremos a cabo un análisis económico para determinar la viabilidad financiera de un proyecto eólico en la Comunidad San Salvador.

Conservación de Energía Eléctrica Cambiando Bombillas Incandescentes a Bombillas Compactas Fluorescentes y su Efecto en la Red Eléctrica

Presentamos un estimado de la reducción del consumo de electricidad debido al cambio de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes en Caguas, Puerto Rico. Además, estimamos la generación desplazada en la planta de generación gracias al uso de bombillas compactas fluorescentes.

Introducción

Puerto Rico posee una alternativa a la generación de electricidad usando petróleo, gas natural y carbón, la conservación. Podemos usar desplazamiento de generación, con el ahorro que produce cambiar de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes, como una alternativa a la generación de electricidad.

En el año 2001 se generaron 20.9 millones de kilovatios-hora en Puerto Rico requiriendo 4,400 MW de capacidad instalada para generar esta electricidad [1]. Si presumimos un costo promedio de \$0.17 por cada kilovatio-hora, conocemos la demanda residencial y estimamos el consumo de electricidad destinada a iluminación podemos estimar el ahorro anual de reemplazar bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes en Puerto Rico.

Los ahorros que produce el cambio de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes no son solo para el consumidor que cambia las bombillas. La compañía eléctrica recibe ahorros al reducir sus pérdidas eléctricas, aumentando de esta manera la disponibilidad de sus líneas, y el ambiente se beneficia de la reducción en emisiones.

En este escrito presentamos un estimado de la reducción del consumo de electricidad y de pérdidas en el sistema de transmisión y distribución debido al cambio de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes en Caguas, Puerto Rico.

Reducción de demanda de electricidad al cambiar de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes

La bombilla incandescente produce luz cuando corriente eléctrica pasa por su filamento, ubicado dentro de un bulbo de cristal al vacío para evitar que el filamento se destruya rápidamente por oxidación. Al calentarse el filamento el mismo *encandece*.

La bombilla fluorescente es una lámpara de descarga (arco) que usa electricidad para excitar vapor de mercurio en un gas de argón o neón produciendo un plasma que emite luz ultravioleta. Esta luz ultravioleta provoca que una capa de fósforo en la pared interior de la lámpara fosforesca produciendo luz visible. Las bombillas fluorescentes necesitan un balastro. Un balastro es un dispositivo que sirve para iniciar el arco en la lámpara y para controlar el flujo de corriente una vez se establece el arco. Las bombillas compactas fluorescentes poseen un balastro integrado en la bombilla que permite que estas bombillas compactas fluorescentes se usen con el mismo portalámparas que usa las bombillas incandescentes.

Una bombilla incandescente solo convierte el 10% de su entrada de potencia eléctrica en luz, el restante 90% se convierte en calor. En lugares con aire acondicionado la producción de calor de las lámparas representa una doble penalidad, consumo de energía eléctrica para la bombilla y luego para enfriar el lugar que se ilumina.

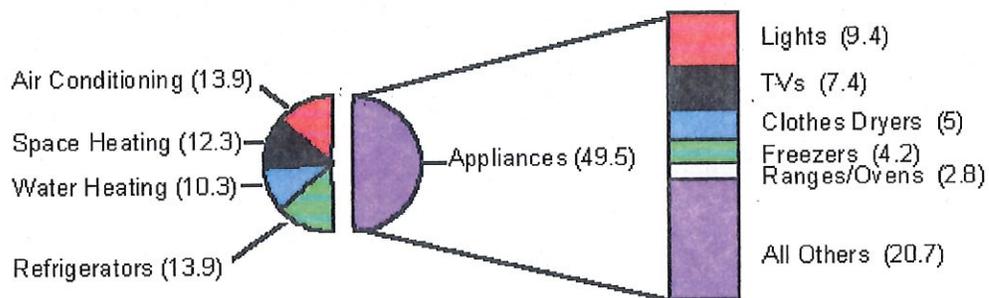
Las bombillas compactas fluorescentes son más eficientes que las bombillas incandescentes porque convierten más energía eléctrica en luz y menos en calor. Una bombilla fluorescente produce la misma cantidad de luz que una incandescente con una fracción, típicamente entre $1/3$ y $1/4$, de la entrada de potencia eléctrica. Una bombilla fluorescente tiene una vida útil entre 10 y 20 veces mayor que la de una bombilla incandescente de iluminación equivalente.

El costo inicial de una bombilla compacta fluorescente es mayor que el de una bombilla incandescente pero la bombilla compacta fluorescente consume menos energía a lo largo de su vida útil. El que la bombilla compacta fluorescente tenga mayor vida útil reduce los costos de labor reemplazando la bombilla.

El mercurio que se emite al ambiente al disponer de las bombillas compactas fluorescentes se balancea con el mercurio que se deja de emitir por plantas

generadoras que queman carbón al reducir su producción de energía y por ende sus emisiones.

De acuerdo al "1993 Residential Energy Consumption Survey" en los Estados Unidos la iluminación representa el 9.4% del consumo de electricidad de una vivienda. A continuación estimamos el posible ahorro, y reducción de demanda alcanzable al cambiar de bombillas incandescentes a bombillas compactas fluorescentes partiendo de un estimado de la cantidad de bombillas por vivienda y horas de uso en Caguas.



Source: Energy Information Administration, 1993 Residential Energy Consumption Survey. Household Energy Consumption and Expenditures 1993, Table 3.1.

Figura 2. Consumo de electricidad residencial por uso.

En Caguas existen 50,568 viviendas habitadas de acuerdo al Censo del 2000 [5].

Una bombilla incandescente que consume 60 W de electricidad produce unos 850 lumens de iluminación. Una bombilla compacta fluorescente que produce la misma iluminación, 850 lumens, consume 15 W o menos de electricidad. Si presumimos que se cambia una bombilla incandescente por una bombilla compacta fluorescente en cada vivienda habitada de Caguas el ahorro de potencia eléctrica es:

$$1 \times 45 \text{ W} \times 50,568 = 2,275.56 \text{ kW} = 2.276 \text{ MW}$$

Si presumimos que se cambian diez (10) bombillas incandescentes por diez (10) bombillas compactas fluorescente en cada vivienda habitada de Caguas el ahorro de potencia eléctrica es:

$$10 \times 45 \text{ W} \times 50,568 = 22.76 \text{ MW}$$

Para calcular el ahorro en términos de energía eléctrica es necesario presumir un período de tiempo que se usarán las bombillas. Si conservadoramente presumimos que cada bombilla permanece encendida por tres (3) horas diariamente el ahorro en kWh al año para cada residencia que cambia 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes es

$$450 \text{ W} \times 3 \times 365 = 492.75 \text{ kWh}$$

La Tabla 1 muestra un estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes cambian 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes. La Tabla 1 muestra el estimado presumiendo distintos por cientos de viviendas habitadas usando calentadores de agua solares.

Tabla 1. Estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes cambian 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes. Se presume que las bombillas se usan tres (3) horas diarias.

Cantidad de viviendas habitadas que cambian 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes (% del total de viviendas habitadas)	Energía eléctrica que se puede ahorrar kWh/día	Potencia eléctrica promedio que se puede ahorrar
5,057 (10%)	6,827	284.5 kW
10,114 (20%)	13,654	568.9 kW
15,170 (30%)	20,480	853.3 kW
25,284 (50%)	34,133	1,422.2 kW \approx 1.4 MW
35,398 (70%)	47,787	1,991.1 kW \approx 2 MW

De acuerdo a [7,8] el 45.8% de la demanda de electricidad de Caguas es demanda residencial. El estimado de demanda total de Caguas es 100 MW por lo que la demanda residencial es 45.8 MW. La Tabla 2 muestra el estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial, y para todo Caguas, cambiar en cada vivienda 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescente.

Tabla 2. Estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial y para todo Caguas al cambiar 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes. Se presume que las bombillas se usan tres (3) horas diarias.

Cantidad de viviendas habitadas que cambian bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes (% del total de viviendas habitadas)	Disminución de demanda de electricidad en el sector residencial en % de la demanda total residencial (45.8 MW)	Disminución de demanda de electricidad en Caguas en % de la demanda total (100 MW)
5,056 (10%)	0.62 %	0.28 %
10,112 (20%)	1.24 %	0.57 %
15,168 (30%)	1.86 %	0.85 %
25,284 (50%)	3.06 %	1.4 %
35,397 (70%)	4.37 %	2.0 %

Note que si en la mitad de las viviendas habitadas de Caguas se cambiaran 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes y estas bombillas se usan tres (3) horas diarias, la demanda de electricidad en Caguas se reduce por 3.06%.

Más adelante analizamos el efecto económico de esta reducción de demanda de electricidad.

Desplazamiento de Generación

La reducción en demanda estimada en la sección II es una disminución de consumo en las residencias. En [9,10] consideramos como una disminución en consumo de electricidad residencial se refleja en una disminución aún mayor en la generación de electricidad del sistema. Esto se debe al efecto de pérdidas eléctricas en el sistema. Los generadores tienen que producir suficiente electricidad para satisfacer la demanda, en este caso residencial, más las pérdidas eléctricas de transportar la electricidad desde los generadores hasta las residencias.

En [10] una disminución de 10 MW en la demanda residencial resultó en una generación desplazada de 10.3 MW y 4.0 MVAR, que es igual 11.05 MVA.¹

¹ Vatios (W), Voltios Amperes Reactivos (VAR) y Voltios Amperes (VA) son todos J/s o potencia, la razón a la que se hace trabajo, la razón a la que se produce o consume energía. MW, MVAR y MVA son millones de vatios, voltios amperes reactivos y voltio amperes, respectivamente. La

Si en la mitad de las viviendas habitadas de Caguas se cambiaran 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes y estas bombillas se usan tres (3) horas diarias la demanda de electricidad en Caguas se reduce por 1.4 MW. Esto se traduce a una generación desplazada aproximada de 1.55 MVA.

Análisis Económico

Para el año 2005 el precio de venta promedio de energía eléctrica en Puerto Rico al sector residencial fue de 0.1657 \$/kWh. De enero a noviembre de 2006 el precio de venta promedio de energía eléctrica en Puerto Rico al sector residencial fue de 0.1781 \$/kWh (vea la Tabla 3). Presumiendo 0.17 \$/kWh como precio de venta para clientes residenciales el ahorro anual de cada cliente al cambiar 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes, si estas se usan 3 horas diarias, es

$$(1.35 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{día}) \cdot (0.17 \text{ $/kW} \cdot \text{h}) \cdot 365 \text{ días} = \$83.77 \approx \$84$$

Tabla 3. Promedios de precio de venta de electricidad por sector en Puerto Rico y los Estados Unidos en ¢/kWh

Sector	Puerto Rico enero a noviembre de 2006	Puerto Rico 2005	Estados Unidos 2005
residencial	17.81	16.57	9.45
comercial	19.06	17.94	8.67
industrial	15.57	14.64	5.75
promedio	17.48	16.91	8.14

De esta manera 10 bombillas compactas fluorescentes que cuesten \$20 (\$2/bombilla) instaladas se pagan en 3 meses.

energía eléctrica usualmente se convierte en otro tipo de energía antes de usarse, por ejemplo un motor eléctrico convierte energía eléctrica en movimiento, una bombilla la convierte en luz, un radio en sonido. La cantidad de energía eléctrica que se convierte, cada segundo, en otro tipo de energía útil para nosotros la llamamos potencia activa y la medimos usando W o MW. Todos estos dispositivos, motores, bombillas, radios, etc y la red de transmisión y distribución eléctrica necesitan establecer y sostener campos eléctricos y magnéticos para funcionar. La energía eléctrica que se usa para crear y sostener estos campos electromagnéticos, esenciales para la operación del sistema y dispositivos eléctricos, la llamamos potencia reactiva y la medimos usando VAR o MVAR. La combinación de ambas, la energía eléctrica total para todo uso, la llamamos potencia aparente y la medimos en VA o MVA. Note que los generadores consumen combustible para producir tanto MW como MVAR por lo que ambos cuestan y una disminución de cualquiera de ellos representa un ahorro.

La vida útil promedio de una bombilla compacta fluorescentes es entre 4 y 5 años. La Tabla 4 muestra el valor del ahorro que produce cambiar 10 bombillas incandescentes a compactas fluorescentes si estas bombillas se usan tres (3) horas diarias.

Tabla 4. Valor del ahorro, por residencia, que se obtiene usando 10 bombillas compactas fluorescentes durante 3 horas diarias con costo instalado de \$20 (\$2/bombilla).

Meses de uso	Valor del ahorro - \$20
12	\$64
24	\$148
36	\$232
48	\$316
60	\$400

Resumen de resultados

Estimamos una reducción de 1.4 MW de demanda de electricidad en el Municipio de Caguas si la mitad de las viviendas habitadas cambian 10 bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes y estas se usan 3 horas diarias. Estos 1.4 MW de demanda representan una disminución del 3.06% de la demanda residencial o una reducción del 1.4% de la demanda total del Municipio de Caguas. Además estos 1.4 MW se traducen a una generación desplazada aproximada de 1.55 MVA.

Presumiendo un precio de venta de electricidad de 0.17 \$/kWh esto representa \$7/mes de ahorro. El valor del ahorro ajustado (valor del ahorro menos costo de las bombillas) si las bombillas duran 5 años es de \$400.

Conclusiones

Nuestro estimado, aunque simple, muestra el beneficio de cambiar bombillas de incandescentes a compactas fluorescentes: la disminución en demanda y el desplazamiento de generación.

Referencias

- [1] National Renewable Energy Laboratory Resource Assessment Program "Average Solar radiation per Month", derived from the 1961-1990 National Solar Radiation Data Base (NSRDB).
- [2] Bair Swezey, Lori Bird, and Christy Herig, "Supporting Solar Energy Development through Green Power Market", *IEEE Transactions on Power Systems*, pp. 1-5.
- [3] Puerto Rico Fact sheet, EIA - Country Information on Puerto Rico, "Country Analysis Briefs", pp.1-pp.6, September 2004.
- [4] Residential Energy Consumption Survey (RECS) 1997, published November 1999 by the Energy Information Administration (EIA).

- [5] U.S. Bureau of the Census, Census 2000. "Profile of General Demographic Characteristics, Geographic Area, Caguas Municipality", 2000.
- [6] D. Haliday and R. Resnick, "Fundamentals of Physics", second edition, Wiley, 1981, pp. 355-357.
- [7] Tania Martínez Navedo. "Voltage Stability Assessment of an Island Power System as a Function of Load Model", MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, 2002.
- [8] División de Planificación y Estudios de la Autoridad de Energía Eléctrica. Datos suministrados vía correo electrónico, Febrero, 2007.
- [9] J. Jiménez González and A.A. Irizarry-Rivera. "
- [10] Jennifer Jiménez González. "Benefits of Electric Generation Displacement using Solar Thermal Water Heaters", MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, 2005.
- [10] J. R. Canada, W. G. Sullivan and J.A. White, "Capital Investment Analysis for Engineering and Management", second edition, Prentice Hall, 1996.

Conservación de Energía Eléctrica Usando Calentadores Solares Termales y Bombillas Fluorescentes: Efecto en la Red Eléctrica

En este trabajo presentamos un estimado de la reducción del consumo de electricidad debido al uso de calentadores solares termales en Caguas, Puerto Rico. Además, estimamos la generación desplazada en la planta de generación gracias al uso de calentadores solares de agua.

Introducción

Puerto Rico posee tres recursos renovables abundantes, energía solar, eólica y del océano, que pueden usarse para reducir la generación de electricidad usando petróleo, carbón y gas. La insolación diaria promedio que recibe la Isla es aproximadamente 5.52 kWh/m^2 [1]. Dado que la producción de electricidad usando paneles fotovoltaicos puede ser costosa podemos usar desplazamiento de generación, calentando agua, como una alternativa a la generación de electricidad para aprovechar la abundancia de energía solar. Otra ventaja de la energía solar es que encuestas entre los consumidores muestran que es la más favorecida entre las alternativas renovables [2].

En el año 2001 se generaron 20.9 millones de kilovatios-hora en Puerto Rico requiriendo 4,400 MW de capacidad instalada para generar esta electricidad [3]. Si presumimos un costo promedio de \$0.17 por cada kilovatio-hora, conocemos la demanda residencial y presumimos que el 17% del costo total de la electricidad residencial se dedica a calentar agua [4], podemos estimar el costo anual de calentar agua para uso doméstico en Puerto Rico.

Los ahorros que producen los calentadores de agua solares no son solo para el consumidor que posee el calentador. La compañía eléctrica recibe ahorros al reducir sus pérdidas eléctricas, aumentando de esta manera la disponibilidad de sus líneas, y el ambiente se beneficia de la reducción en emisiones.

En este escrito presentamos un estimado de la reducción del consumo de electricidad y de pérdidas en el sistema de transmisión y distribución debido al aumento en uso de calentadores solares de agua en Caguas, Puerto Rico.

Reducción de demanda de electricidad al usar calentadores de agua solares

Calentar agua es el segundo costo energético más alto en una residencia típica de los Estados Unidos [4]. A continuación estimamos el posible ahorro, y reducción de demanda alcanzable usando calentadores solares de agua partiendo del consumo de energía eléctrica necesaria para calentar agua en Caguas.

Las características demográficas generales del 2000 [5] para Caguas, Puerto Rico son:

- Viviendas habitadas - 50,568
- Promedio de personas habitando en una vivienda - 3.41

El consumo típico de agua caliente por una familia de cuatro (4) personas en los Estados Unidos es de 240 litros/día (63 galones/día). Presumiendo una temperatura de entrada de 70°F y una temperatura de salida de 125°F el cambio en temperatura es de 55 °F (30.6 °C). Dado que la densidad del agua es 1000 kg/m³ y 1 m³ = 1000 litros entonces 240 litros de agua equivalen a 240 kg. Recordando que el calor específico del agua, c , es 1 kcal/kg °C, entonces el calor, ΔQ , que se le supe a los 240 kg de agua para un cambio de temperatura de 30.6 °C es [6]:

$$\Delta Q = c * m * \Delta T = (1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}) * 240 * 41.7 = 7,333.33 \text{ kcal}$$

$$\Delta Q = 7,333.33 \text{ kcal} * (4187 \text{ J/ 1 kcal}) = 30.7 \times 10^6 \text{ J}$$

Si presumimos que el calentador eléctrico de agua tiene un 70% de eficiencia la energía eléctrica necesaria para calentar esta cantidad de agua es $(30.7 \times 10^6 \text{ J}) / 0.7 = 43.86 \times 10^6 \text{ J} = 12.18 \text{ kWh}$. Otra manera de decir esto es que hacen falta unos 12 kWh para calentar el agua en un tanque de 63 galones de 70°F a 125°F. Esta energía se consume cada día todos los días del año.

La Tabla 5 muestra un estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes usan calentadores de agua solares en lugar de eléctricos. La Tabla 1 muestra el estimado

presumiendo distintos por cientos de viviendas habitadas usando calentadores de agua solares.

Tabla 5. Estimado de la cantidad de energía eléctrica que se puede ahorrar en Caguas por clientes residenciales si estos clientes usan calentadores de agua solares en lugar de eléctricos.

Cantidad de viviendas habitadas que cambian de calentador eléctrico a solar (% del total de viviendas habitadas)	Energía eléctrica que se puede ahorrar kWh/día	Potencia eléctrica promedio que se puede ahorrar MW
5,057 (10%)	61614	1.5
10,114 (20%)	123228	3.0
15,170 (30%)	184842	4.4
25,284 (50%)	308070	7.4
35,398 (70%)	431298	10.4

*Los resultados de la Tabla 5 incluyen el ajuste por cantidad promedio de personas por familia (3.41/4.0).

De acuerdo a [7,8] el 45.8% de la demanda de electricidad de Caguas es demanda residencial. El estimado de demanda total de Caguas es 100 MW por lo que la demanda residencial es 45.8 MW. La Tabla 6 muestra el estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial, y para todo Caguas, al usar calentadores de agua solares en lugar de eléctricos.

Tabla 6. Estimado de disminución de demanda de electricidad en el sector residencial y para todo Caguas al usar calentadores de agua solares en lugar de eléctricos.

Cantidad de viviendas habitadas que cambian de calentador eléctrico a solar (% del total de viviendas habitadas)	Disminución de demanda de electricidad en el sector residencial en % de la demanda total residencial (45.8 MW)	Disminución de demanda de electricidad en Caguas en % de la demanda total (100 MW)
5,056 (10%)	3.7 %	1.5 %
10,112 (20%)	7.4 %	3.0 %
15,168 (30%)	11.1 %	4.4 %
25,284 (50%)	18.7 %	7.4 %
35,397 (70%)	26.2 %	10.4 %

Note que si en la mitad de las viviendas habitadas de Caguas se calentara el agua usando calentadores solares en lugar de eléctricos la demanda de electricidad en Caguas se reduce por 7.4%.

En la sección IV analizamos el efecto económico de esta reducción de demanda de electricidad.

Desplazamiento de Generación

La reducción en demanda estimada en la sección II es una disminución de consumo en las residencias. En [9,10] consideramos como una disminución en consumo de electricidad residencial se refleja en una disminución aún mayor en los generación de electricidad del sistema. Esto se debe al efecto de pérdidas eléctricas en el sistema. Los generadores tienen que producir suficiente electricidad para satisfacer la demanda, en este caso residencial, más las pérdidas eléctricas de transportar la electricidad desde los generadores hasta las residencias.

En [10] una disminución de 10 MW en la demanda residencial resultó en una generación desplazada de 10.3 MW y 4.0 MVAR, que es igual 11.05 MVA.²

Si en la mitad de las viviendas habitadas de Caguas se calentara el agua usando calentadores solares en lugar de eléctricos la demanda de electricidad en Caguas se reduce por 7.4 MW. Esto se traduce a una generación desplazada aproximada de 8.18 MVA.

Análisis Económico

Para el año 2005 el precio de venta promedio de energía eléctrica en Puerto Rico al sector residencial fue de 0.1657 \$/kWh. De enero a noviembre de 2006 el precio de venta promedio de energía eléctrica en Puerto Rico al sector residencial

² Vatios (W), Voltios Amperes Reactivos (VAR) y Voltios Amperes (VA) son todos J/s o potencia, la razón a la que se hace trabajo, la razón a la que se produce o consume energía. MW, MVAR y MVA son millones de vatios, voltios amperes reactivos y voltio amperes, respectivamente. La energía eléctrica usualmente se convierte en otro tipo de energía antes de usarse, por ejemplo un motor eléctrico convierte energía eléctrica en movimiento, una bombilla la convierte en luz, un radio en sonido. La cantidad de energía eléctrica que se convierte, cada segundo, en otro tipo de energía útil para nosotros la llamamos potencia activa y la medimos usando W o MW. Todos estos dispositivos, motores, bombillas, radios, etc y la red de transmisión y distribución eléctrica necesitan establecer y sostener campos eléctricos y magnéticos para funcionar. La energía eléctrica que se usa para crear y sostener estos campos electromagnéticos, esenciales para la operación del sistema y dispositivos eléctricos, la llamamos potencia reactiva y la medimos usando VAR o MVAR. La combinación de ambas, la energía eléctrica total para todo uso, la llamamos potencia aparente y la medimos en VA o MVA. Note que los generadores consumen combustible para producir tanto MW como MVAR por lo que ambos cuestan y una disminución de cualquiera de ellos representa un ahorro.

fue de 0.1781 \$/kWh (vea la Tabla 3). Presumiendo 0.17 \$/kWh como precio de venta para clientes residenciales el costo anual de calentar diariamente 240 litros de agua de 70 °F a 125 °F es $(12 \text{ kW}^*\text{h/día}) * (0.17 \text{ $/kW}^*\text{h}) * 365 \text{ días} = \744.6

Digamos que en días nublados no logramos calentar esta agua. Aún si solo usáramos el calentador solar durante 10 meses del año, aproximadamente 300 días, el ahorro que produce el calentador solar es \$612 al año (aproximadamente \$51 mensuales si distribuimos el ahorro durante todo el año).

Tabla 7. Promedios de precio de venta de electricidad por sector en Puerto Rico y los Estados Unidos en ¢/kWh

Sector	Puerto Rico enero a noviembre de 2006	Puerto Rico 2005	Estados Unidos 2005
residencial	17.81	16.57	9.45
comercial	19.06	17.94	8.67
industrial	15.57	14.64	5.75
promedio	17.48	16.91	8.14

De esta manera un calentador solar que cueste \$1,200 instalado se paga en 24 meses si no consideramos intereses. Si la persona que decide comprar el calentador solar decide tomar un préstamo por los \$1,200 a un interés de 8% (APR) pagaría aproximadamente \$49 mensuales durante 27 meses para saldar el préstamo.

La vida útil de un calentador solar es fácilmente 25 años. La Tabla 8 muestra el valor presente de comprar e instalar un calentador solar si presumimos una tasa de retorno de tan solo 4% y \$1,200 de gastos de compra e instalación del calentador.

Tabla 8. Valor Presente del ahorro por residencia que se obtiene usando un calentador de agua solar durante 25 años, a 4% de tasa de retorno y costo instalado de \$1,200

Ahorro mensual	Valor Presente del ahorro en \$	Valor Presente ajustado (ahorro menos préstamo)
\$51	\$9,662.08	\$8,405.71
\$40	\$7,578.10	\$6,321.73
\$30	\$5,683.57	\$4,427.21
\$25	\$4,736.31	\$3,479.95

Resumen de resultados

Estimamos una reducción de 7.4 MW de demanda de electricidad en el Municipio de Caguas si la mitad de las viviendas habitadas calientan agua usando un

calentador solar en lugar de un calentador eléctrico de tanque. Estos 7.4 MW de demanda representan una disminución del 18.7% de la demanda residencial o una reducción del 7.4% de la demanda total del Municipio de Caguas. Además estos 7.4 MW se traducen a una generación desplazada aproximada de 8.18 MVA.

El consumo de agua caliente para una familia promedio (3.41 personas) se estimó conservadoramente en 240 litros/día (63 galones/día). Se necesitan unos 12 kWh/día para elevar la temperatura de 70 °F a 125 °F. Presumiendo un precio de venta de electricidad de 0.17 \$/kWh esto representa \$2.04/día de ahorro por cada día soleado que el calentador puede calentar esta agua.

Digamos que en días nublados no logramos calentar esta agua. Aún si solo usáramos el calentador solar durante 10 meses del año, aproximadamente 300 días, el ahorro que produce el calentador solar es \$612 al año (aproximadamente \$51 mensuales si distribuimos el ahorro durante todo el año). El Valor Presente Ajustado (valor presente del ahorro menos valor presente del préstamo para comprar el calentador) del calentador a 25 años es de \$8,405.71

Conclusiones

Nuestro estimado, aunque simple, muestra el beneficio de instalar calentadores de agua solares: la disminución en demanda y el desplazamiento de generación. El abundante recurso solar termal de Puerto Rico puede ser utilizado para obtener ahorros significativos.

Referencias

- [1] National Renewable Energy Laboratory Resource Assessment Program "Average Solar radiation per Month", derived from the 1961-1990 National Solar Radiation Data Base (NSRDB).
- [2] Bair Swezey, Lori Bird, and Christy Herig, "Supporting Solar Energy Development through Green Power Market", *IEEE Transactions on Power Systems*, pp. 1-5.
- [3] Puerto Rico Fact sheet, EIA - Country Information on Puerto Rico, "Country Analysis Briefs", pp.1-pp.6, September 2004.
- [4] Residential Energy Consumption Survey (RECS) 1997, published November 1999 by the Energy Information Administration (EIA).
- [5] U.S. Bureau of the Census, Census 2000. "Profile of General Demographic Characteristics, Geographic Area, Caguas Municipality", 2000.
- [6] D. Haliday and R. Resnick, "Fundamentals of Physics", second edition, Wiley, 1981, pp. 355-357.
- [7] Tania Martínez Navedo. "Voltage Stability Assessment of an Island Power System as a Function of Load Model", MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, 2002.
- [8] División de Planificación y Estudios de la Autoridad de Energía Eléctrica. Datos suministrados vía correo electrónico, Febrero, 2007.
- [9] J. Jiménez González and A.A. Irizarry-Rivera. "
- [10] Jennifer Jiménez González. "Benefits of Electric Generation Displacement using Solar Thermal Water Heaters", MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, 2005.

[10] J. R. Canada, W. G. Sullivan and J.A. White, "Capital Investment Analysis for Engineering and Management", second edition, Prentice Hall, 1996.

2.1.2 Sector Comercial

En el sector comercial consideramos las tecnologías solar termal, fotovoltaico, eólica, celdas combustibles, conservación y eficiencia energética.

Para el sector comercial hicimos una clasificación de tipo de negocio usando los datos de negocios suministrados por el Municipio y pareando el tipo de negocio de forma preliminar con potenciales tecnologías renovables. La clasificación se hizo usando una escala entre 1 y 5 donde 1 representa un nivel mínimo de potencial uso de tecnologías renovables, eficiencia y conservación y 5 representa un alto potencial de uso de tecnologías renovables eficiencia y conservación. Las tecnologías renovables que consideramos fueron: fotovoltaica, solar termal, eólica y celdas combustibles.

Se clasificaron todos los negocios registrados, más de 5,000, de acuerdo a su perfil de utilización energética y su potencial de usos de tecnologías renovables.

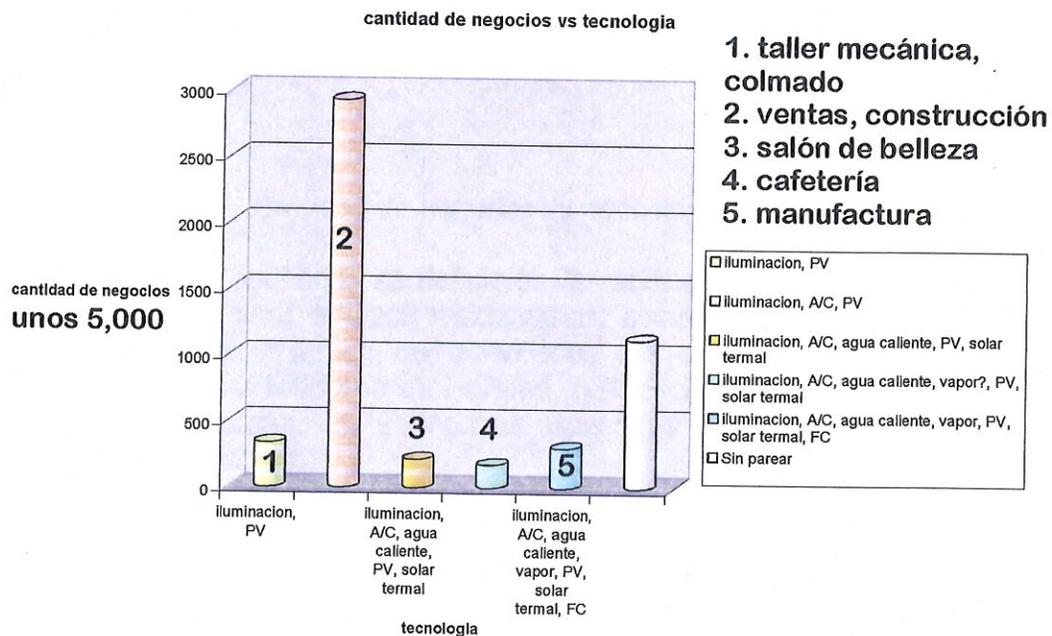


Figura 3. Cantidad de negocios vs. categorías.

Se identificaron los primeros 15 de esas listas con su respectivo nivel de integración de tecnología renovable. Note en la figura que la mayoría de los negocios son de categorías 1-3 con bajo nivel de integración. Sin embargo, tres de los sectores de alta integración (clasificación 4 y 5) fueron identificados.

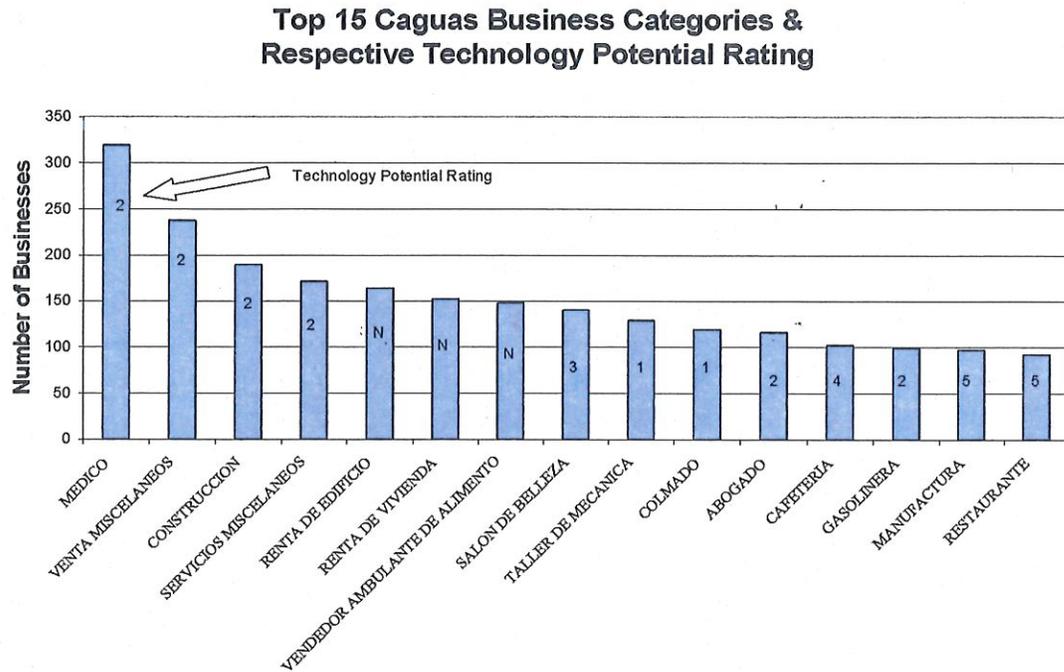


Figura 4. Cantidad de negocios vs. tecnología potencial

Referente a futuras auditorias se definieron las actividades que constituirán la auditoria energética para edificios residenciales, comerciales e industriales. La Tabla 9 muestra el resumen de actividades de auditoria energética. Las actividades comunes a todo tipo de facilidad, residencial, comercial e industrial, aparecen en letra común. Las actividades específicas a facilidades industriales aparecen en letra *italizada*.

Tabla 9. Resumen de actividades de auditoría energética a realizar en edificios

Fase	Calor y Aire Acondicionado	Electricidad
Análisis de Cuentas/Perfil	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía térmica por unidad (unidad de área, por persona, por cama de hospital, <i>por unidad de producción</i>) • Distribución de consumo de energía térmica (calefacción, agua caliente, refrigeración, aire acondicionado) • <i>Análisis de consumo de energía térmica para procesos específicos, por ejemplo derretir plásticos</i> • ¿Se usan combustibles? (calderas) • Efectos del clima en patrón de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía eléctrica por unidad (unidad de área, por persona, por cama de hospital, <i>por unidad de producción</i>) • Distribución de consumo de energía eléctrica (refrigeración, agua caliente, iluminación, aire acondicionado, equipos, etc) • <i>Análisis de consumo de energía eléctrica para procesos específicos, por ejemplo derretir plásticos</i> • Efectos del clima en patrón de consumo • Análisis de la estructura de tarifas (cargos por energía, por capacidad, penalidades como factor de potencia, carga contratada, etc)
Visita de inspección ("walkthrough inspection")	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales de construcción (resistencia térmica y espesor de paredes) • Tipo de sistema de aire acondicionado • Uso de agua caliente/vapor (fregar, lavar, piscinas, ...) • <i>Lista de equipos que usan energía térmica</i> • <i>Análisis de balance de energía para procesos que usan energía térmica</i> • <i>Medición de uso de energía térmica en procesos específicos</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de sistema de aire acondicionado • Estimado de consumo de electricidad para aire acondicionado • Tipo de iluminación (tipo de luminaria, niveles de iluminación, densidad) • Estimado de consumo de electricidad para iluminación • Tipo de equipos (clases, densidad o frecuencia) • Estimado de consumo de electricidad para equipos • Estimado de consumo de electricidad para calentar • Estimado de consumo de electricidad para mover aire • Estimado de consumo de electricidad para distribución de agua • <i>Lista de equipos que usan energía</i>

		<p><i>eléctrica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Medición de uso de energía eléctrica en procesos o equipos específicos</i>
Desarrollo de caso base	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener y revisar planos (estructural, sistemas mecánicos y de control) • Construcción de un caso base que represente el uso actual de energía y condiciones de operación. • Calibración del caso base usando datos de factura o medida de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener y revisar planos (eléctrico, sistemas mecánicos y de control) • Construcción de un caso base que represente el uso actual de energía y condiciones de operación. • Calibración del caso base usando datos de factura o medida de consumo
Medidas de conservación y fuentes alternas	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de recuperación de calor • Cambio a sistemas/equipos de mayor eficiencia • Añadir sensores y controladores • Ajustes de sensores y controladores existentes. • Uso de métodos pasivos (sombra, aislamiento) • Fuentes alternas (calentadores solares de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación eficiente (mantenimiento de luminarias, cambio de lámparas, balastros, etc) • Equipos eficientes • Motores eficientes • <i>Uso de actuadores eléctricos variables</i> • Sistemas de recuperación de calor • A/C de mayor eficiencia • Añadir sensores y controladores • Ajustes de sensores y controladores existentes. • Recorte en la demanda pico • Mejoras al factor de potencia • Reducción de armónicas • Uso de métodos pasivos (sombra, aislamiento) • Fuentes alternas (calentadores solares de agua, fotovoltaicos para iluminación, celdas combustibles para combinación de electricidad y calor, etc)

Además se desarrollaron los formularios comunes para realizar las visitas de inspección (ver apéndice). Se identificaron varios formularios de proyectos parecidos en los Estados Unidos los cuales aparentemente están basados en auditorias del Departamento de Energía Federal.

Se establecieron varios contactos en el sector comercial con miras a identificar proyectos demostrativos de alta visibilidad. Se identificó a Gatsby, Centros Comerciales ("malls"), restaurantes de comida rápida (Burger King y McDonald's) y mega tiendas (Walmart). Como parte del estudio se hizo un análisis de las facturas eléctricas de estos establecimiento. Este está resumido en la figura ccc.

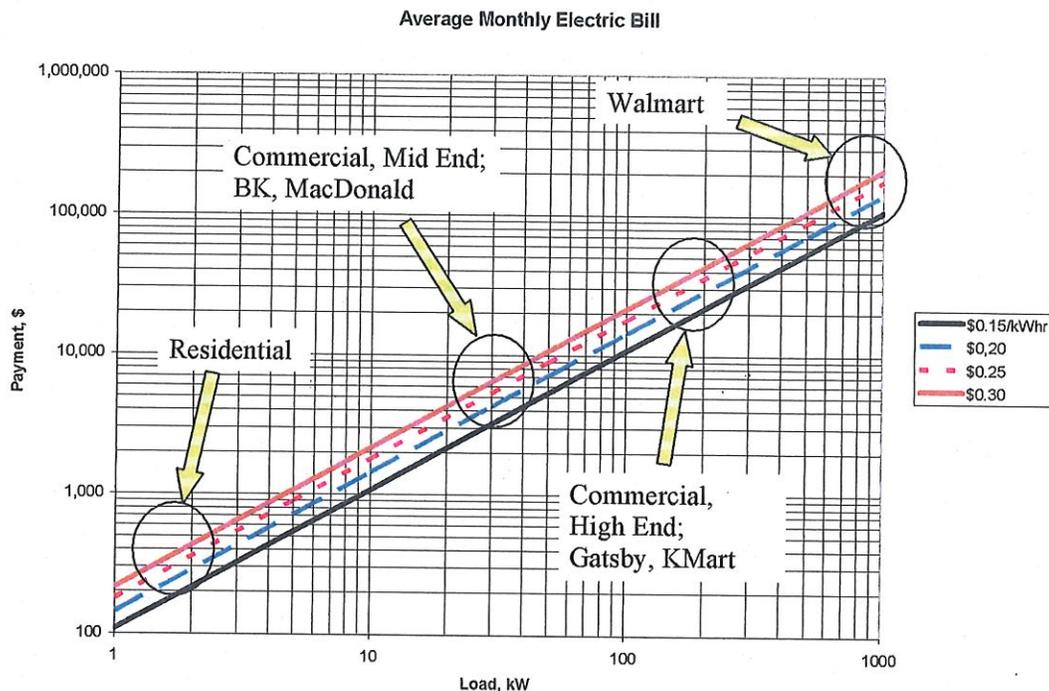


Figura 5. Pago promedio de electricidad para algunos clientes comerciales.

Proyectos Demostrativos Sector Comercial

GASTBY

Perfil del Participante – Gatsby es un detallista en la industria de la moda. Es la primera compañía de ventas directas en Puerto Rico y durante sus 40 años de existencia ha ayudado a miles de personas a convertirse en empresarios. Con un volumen de ventas brutas anuales de \$50 millones en el 2004, la compañía se está expandiendo rápidamente a nuevos mercados, incluyendo las ventas al detal y el desarrollo de bienes raíces. Dentro de los próximos cinco años Gatsby planifica duplicar sus ventas. Su mercancía incluye ropa, carteras, accesorios de moda, joyería de fantasía y cosméticos. Ellos ofrecen tanto productos de moda de sus marcas privadas diseñadas exclusivamente para la compañía, como marcas reconocidas a nivel internacional.

Gastby es un negocio de familia que comenzó como una compañía de ventas de casa en casa. Hoy día, el modelo comercial de la compañía se basa en una red de 14,000 revendedores directos independientes que adquieren la mercancía mediante un acuerdo crediticio en una de las nueve tiendas o en tres de las tiendas de descuento ("*outlets*") localizadas en todo Puerto Rico.

Datos Energéticos – En total las facilidades de Gatsby en Caguas poseen un área total de aproximadamente 200,000 ft². Las facilidades comerciales de Caguas cuentan con aproximadamente 35,000 ft² de techo siendo las de mayor área de todas sus facilidades. En adición, las facilidades administrativas de Gatsby también se encuentran en Caguas. La tienda de Caguas consume entre 100,000 y 120,000 kWh de energía mensualmente. Esto corresponde a facturas mensuales de alrededor de \$20,000 (~\$0.18 - \$0.19/kWh). Esto no incluye el consumo de los inquilinos del segundo piso. En un estudio reciente (Agosto 2006) de carga se encontró que en promedio la potencia máxima utilizada por la tienda fluctúa entre 175 y 250 kW. Cabe mencionar que el potencial generatriz del techo de esta facilidad es alrededor de 350 KW durante las horas picos de insolación solar. Esto implica que en ocasiones las facilidades pueden operar exclusivamente con energía solar. En adición, dado que la carga de la tienda disminuye considerablemente durante las noches (~50 KW) esto resultaría en un potencial de generación de 85% del total requerido mediante celdas fotovoltaicas sin utilizar un sistema de baterías.

Otros datos relevantes de las facilidades de Caguas es que cuentan con dos generadores diesel de 300 y 150 kW que proveen resguardo ("*backup*") a los inquilinos y la tienda, respectivamente. En promedio, sin huracanes, los generadores consumen 1,000 galones de combustible diesel al año. Son candidatos ideales para convertirlos a combustible biodiesel (B20). Cabe mencionar que el edificio cuenta con 12 unidades de aire acondicionado, 10 de las cuales son de 10 toneladas cada una. Las restantes son de 3 toneladas.

Entrevistas Preliminares y Potencial Interés – Se contactó al señor Eurípides Díaz de las oficinas centrales de Gatsby en Caguas quien demostró muchísimo interés y suministró datos para esta evaluación. El señor Díaz mencionó que los proyectos de alta visibilidad solo pudieran justificarse si el pago mensual del financiamiento era equivalente o menor a los ahorros de la factura de electricidad.

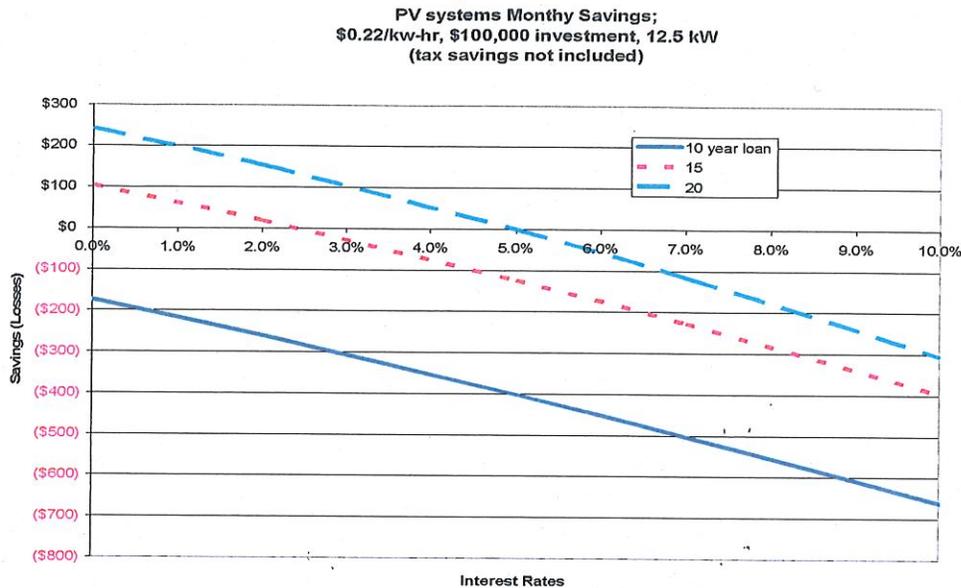


Figura 6. Análisis Económico de sistema fotovoltaico sin incentivos.

Se prepararon varias gráficas para obtener un mejor entendimiento acerca de estos diferenciales. Por ejemplo, las Figuras 6 y 7 muestran un estimado del diferencial entre los ahorros en costos energéticos y los pagos de financiamiento. Se analizaron el efecto de la tasa de interés, tiempo del proyecto, inversión capital y costo unitario de la energía. En la Figura 6 se muestra un análisis considerando una inversión de \$100,000 (~12.5 kW) con costos unitarios de electricidad de \$0.22/kWh. Nótese que solo en el caso de 20 años de financiamiento se obtienen ahorros mensuales hasta un rango de interés de 5%.

La Figura 7 muestra el caso de incentivos de \$4 por vatio (\$4/W) con una inversión de \$1.0 millón (125 kW) y el mismo costo unitario de electricidad el comportamiento es similar. Sin embargo, los ahorros son mayores. Cabe mencionar que en ambos casos es evidente que incentivos y/o subsidios son necesarios para mejorar las finanzas de estas inversiones. Otro dato importante es que no se incluyó los ahorros asociados con la amortización de la inversión. En el caso de la inversión de \$100,000 los ahorros por flujo de dinero debido a la depreciación serían aproximadamente \$125 mensuales con una tasa contributiva de 30%. En el segundo caso los ahorros adicionales debido a la depreciación serían \$1,250 mensuales con la misma tasa contributiva.

- Están negociando con un latente productor de biodiesel en PR para que BK les provea el aceite y el productor se lo cambie por biodiesel a un costo en negociación.
- Tienen un consultor energético que les calculo que el 40% de sus gastos de electricidad era para aire acondicionado.
- Referente a los MacDonalDs', el ingeniero Morales nos informó que tienen 7 localidades; Caguas Degetau, Rio Cañas, Caguas Sur, Plaza Centro, Walmart (2, adentro y afuera) y en el Hospital HIMA.

En otra reunión con representantes de la compañía Caribbean Restaurants, LLC en sus oficinas administrativas en Cataño demostraron mucho interés por participar en los proyectos demostrativos siempre y cuando que resulte en un costo inferior al que ellos pagan.

Lavandería Wash and Wear

Otro proyecto potencial comercial es en la lavandería **Wash & Wear** ubicada junto al Edificio Multifabril en Caguas y propiedad del señor Caldero. El señor Caldero nos permitió hacer una auditoría "walkthrough" de la lavandería y nos suplió con datos útiles como consumo de agua, gas y electricidad. En resumen esta lavandería tiene un área de techo de unos 2380 pies cuadrados. El techo es en acero. La lavandería opera de martes a sábado. Tiene dos cisternas de 600 galones que cuando no hay agua duran dos días. La lavandería tiene un consumo de agua de 320 galones diarios (19,280 galones en 60 días). El consumo de energía eléctrica es de unos 2,500 kWh mensuales.

La lavandería opera con una caldera Fulton que usa gas propano. Esta lavandería podría usarse para un proyecto demostrativo de alta visibilidad usando calentadores de agua solares de capacidad industrial. Estos calentadores solares podrían reemplazar la caldera o disminuir su consumo de gas propano precalentando el agua que vaporiza la caldera.

Plaza del Carmen Mall

Plaza del Carmen Mall es un centro comercial que recibe unos 29,000 clientes mensuales. En este centro comercial el consumo de energía eléctrica de las áreas comunes es responsabilidad del dueño del Centro y las tiendas tienen contadores (metros) individuales. Para que resulte atractivo un desarrollo fotovoltaico hacen falta incentivos (vea Figura 7) de suerte que la reducción en la factura de electricidad sea capaz de pagar la deuda. Un desarrollo comercial novel para Puerto Rico sería el alquilar el techo de un centro comercial a un tercero que instale un parque fotovoltaico y venda "parcelas" de electricidad a las tiendas en base a su consumo. Este esquema es similar al usado en "fincas fotovoltaicas" en España.

2.1.3 Sector Industrial

En el sector comercial consideramos las tecnologías solar termal, fotovoltaico, eólica, celdas combustibles, conservación y eficiencia energética.

Se visitó el edificio "Multi-fabril" que es parte del Municipio de Caguas. Se entrevistaron a dos de los negocios que alquilan espacios en el edificio, y se recorrieron ambos negocios para identificar oportunidades de ahorro de energía. En ambos negocios ya han tomado medidas para el uso más eficiente de la energía eléctrica.

En Cortelco nos atendió su presidente el señor Juan Carlos Ramos. Cortelco consume entre 14 y 15 kWh mensuales a un costo aproximado de \$0.207/kWh. El local posee unos 5,000 pies cuadrados de techo. Su mayor consumo de electricidad se debe a aire acondicionado (8 unidades, de estas 6 son iguales) e iluminación. El sistema de iluminación, fluorescente, luce adecuado para sus necesidades. El potencial ahorro en este renglón dependerá del tipo de tubo y balastos en las lámparas. Se nos indicó que el señor Alejandro Castro de la empresa Komfort Services les provee los servicios de mantenimiento de aire acondicionado e iluminación.

En Vernet Virtual Education (Vernet) nos atendió su presidente el doctor Manuel Figueroa. A Vernet la AEE le estima el consumo mensual entre 5510 y 5200 kWh a un costo aproximado de \$0.209/kWh. El local posee unos 5,000 pies cuadrados de techo. Su mayor consumo de electricidad se debe a aire acondicionado e iluminación. Siguen utilizando lámparas HID de la instalación original del edificio. El sistema de iluminación del segundo piso es fluorescente y luce adecuado para sus necesidades. Las nuevas oficinas del segundo piso usarán iluminación con LED. El potencial ahorro en iluminación se encuentra en el reemplazo de las lámparas HID y del tipo de tubo y balastos en las lámparas fluorescentes. Debido al bajo estimado de consumo de electricidad es poco probable que Vernet interese invertir en disminuir su consumo.

Se acordó someterles copia del informe final de este estudio a ambos negocios visitados. Durante la visita se determinó que en términos de proyectos, se podrían energizar las áreas comunes con un sistema fotovoltaico.

Con los planos provistos por el Municipio, se determinó que un sistema de 50 kW supliría la demanda de iluminación en las áreas comunes y el estacionamiento. Este sistema, sin la existencia de incentivos o de "net metering" se tardaría unos 40 años en recobrar la inversión. Con incentivos y "net metering" la inversión se

recobra en unos 25 años. Este análisis no incluye beneficios en términos ambientales ni de educación de este tipo de proyecto.

Además, visitamos a Pfizer donde la gerencia aprobó el diseño y la implementación de un proyecto de energía sustentable en sus facilidades. Están considerando un sistema fotovoltaico de aproximadamente 10 kW.

Otro proyecto que están considerando es utilizar calentadores solares para complementar la carga térmica de los precalentadores de los aires acondicionados. Para eso necesitarían determinar el tamaño del sistema (cantidad de celdas, tanque de reserva, aislamiento, bombas, etc.) Hoy en día el agua se calienta en varios re-calentadores que usan vapor.

Pfizer además quieren explorar la posibilidad de uso de molinos de viento. La ubicación de Pfizer es privilegiada pues colinda con el valle del Turabo y apreciamos viento prevaleciente del noreste que aparentemente llega a las instalaciones sin interrupción. Pfizer tiene instalada una estación meteorológica que recoge datos de viento y que nos permitirá hacer una evaluación preliminar del recurso de viento y estimar si el potencial de viento amerita un proyecto de medición con la precisión requerida para la generación eólica. Examinamos la estación meteorológica y potenciales lugares para instalar una torre de medición de mayor precisión.

Además, visitamos el Cerro Borrás con el objetivo de identificar un lugar adecuado para instalar un sistema de medición de viento.



Foto 3. El doctor O'Neill y la línea de transmisión que cruza el Monte Borrás. Foto tomada el 7 de noviembre de 2006 durante la inspección del Monte Borrás.

Debido a que el recurso eólico varía significativamente de un lugar a otro es necesario medir el viento que recibe Caguas. Proponemos la compra e instalación de un sistema comercial de medición de viento en la cara noroeste

del Cerro Borrás en Caguas. El Cerro Borrás domina el valle de Caguas y posee cuatro características deseables para considerar el desarrollo de un proyecto eólico, a saber; aparenta poseer viento, hay terreno disponible, el lugar es accesible por carretera y se encuentra ubicado cerca de líneas eléctricas.

Inspeccionamos el Cerro Borrás el 7 de noviembre de 2006 y ubicamos, usando GPS, el lugar que es más accesible, alejado de las líneas eléctricas de transmisión que cruzan el Cerro y que se orienta hacia el noreste, lugar de donde se espera viento prevaleciente. Las coordenadas del lugar son $18^{\circ} 14.765' N$, $66^{\circ} 02.856' W$, a unos 580 pies sobre el nivel del mar, vea Foto 4.

Además hemos identificado el mejor equipo para asegurar una medición exitosa a un costo razonable.



Foto 4. Foto de satélite mostrando la ubicación del lugar escogido para instalar un sistema de medición de viento en el Cerro Borrás. Note la cercanía al camino que da acceso al Cerro Borrás y la ubicación en la cara noreste del Cerro. Foto Cortesía de Google Earth.

Recomendamos instalar una torre de medición de al menos 50 metros de altura con capacidad para medir y recolectar datos de viento a tres alturas distintas por un período de al menos un año. El objetivo de medir a tres alturas distintas es determinar la variación de la velocidad del viento con variación en altura en el Monte Borrás. Si el recurso eólico es favorable conocer su variación con la altura resulta de mucha importancia para poder realizar la siguiente fase de un proyecto eólico, seleccionar la mejor turbina disponible comercialmente.

Nuestra búsqueda de fabricantes y equipo indica que los sistemas de medición de la compañía "NRG Corporation" son bien conocidos y recomendados a través de la industria de generación eólica. La Tabla 10 provee un estimado de los costos de un sistema de medición de NRG.

Tabla 10. Detalle de costos del sistema de medición NRG

Renglón	Descripción	Costo (\$)
1	NRG-NOW System 50mHD- Symphonie TallTower Kit (item: 3421)	7,180.00
2	NRG-NOW System 50mHD- Symphonie Sensor Kit (item: 3422)	1,870.00
3	NRG-NOW System 50 Meter HD-Symphonie Logger Kit – SA (item: 3423)	1,350.00
4	InstallKit for 50mHD, 203mm TallTower (item: 3424)	2,200.00
5	Four (4) NRG #40C Anemometers, Calibrated (item: 1900) \$187/each	748.00
6	DataKit4 for Symphonie Logger and iPacks (item: 3279)	55.00
7	Symphonie iPack for AMPS Analog (N. Amer), w/PV (item: 3273)	1,280.00
8	iPack Programming and Voice Call Kit (item:3368)	65.00
9	Complete Wind Measuring System – Sub Total	14,748.00
10	Transportation (shipping, handling, insurance)	0.00
11	Estimate of Installation Cost	3,000.00
12	Installed Wind Measuring System - Total	17,748.00

2.1.4 Sector Gubernamental

En el caso del sector gubernamental estudiamos las facturas de electricidad de cada instalación a nombre del Municipio; a saber: transportación y saneamiento, obras públicas, Casa Alcaldía, Anexo a la Casa Alcaldía, centro de gobierno,

manejo de emergencias, Coliseo Héctor Solá, Biblioteca y el Gimnasio del Complejo deportivo.

En el sector gubernamental visitamos el Jardín Botánico para identificar posibles necesidades energéticas que pudieran satisfacerse con energía renovable. Además, nos comunicamos con el Ing. Rubén Rodríguez de Linde Gases para explorar la posibilidad de que ellos co-auspicien un proyecto pionero demostrativo con una celda de combustible de 5kW usando hidrógeno gas como combustible. Además, se solicitó una cotización formal a la compañía Logan Engineering para esta celda combustible.

Para el caso *2009 Gobierno Municipal* se utilizó como base los datos de consumo del Centro de Gobierno, parque Solá Morales y el Centro de Bellas Artes. Estos utilizan en promedio alrededor de 1.0 MW de potencia (~800,000 galones Figura

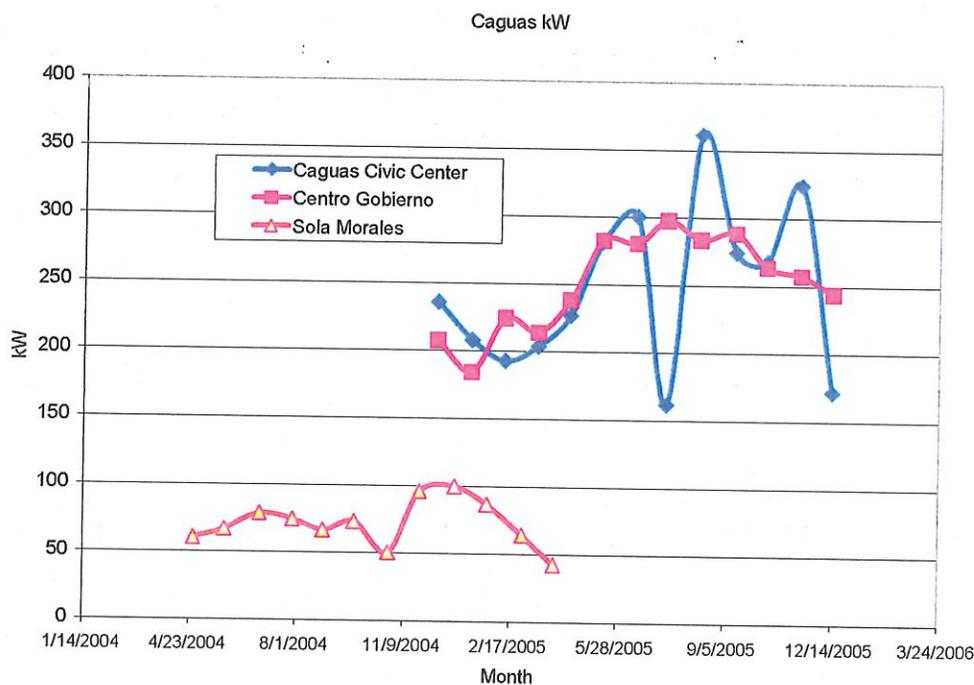


Figura 8. Consumo de Energía Eléctrica en Algunos Edificios Municipales

combustible/año). Una meta relativamente fácil de alcanzar en un espacio de dos años sería generar 100 kW de potencia utilizando paneles fotovoltaicos lo cual representaría el 10% de la potencia promedio utilizada por el gobierno municipal.

El lugar ideal para este proyecto sería el Centro de Gobierno. El área necesaria para esta instalación es de aproximadamente 10,000 ft² (100' x 100') la cual esta disponible en el techo del Centro de Gobierno. El costo aproximado de este proyecto es aproximadamente \$1,000,000 basado en cotizaciones de \$8-10/Watt

de otros proyectos de Puerto Rico. Este proyecto se puede combinar con una iniciativa agresiva de conservación de energía y eficiencia energética en el mismo Centro de Gobierno en donde conservadoramente se pudiera reducir los consumos hasta un 10% (20-30 kW).

En el área de combustibles utilizados por el gobierno municipal, reemplazo de cantidades significativas de diesel por biodiesel es una alternativa fácilmente alcanzable. Específicamente, es viable convertir la flota de diesel del municipio a B20 (20% biodiesel) dado que ya existe en Puerto Rico una planta que produce este preciado combustible. El municipio de Caguas consume aproximadamente 100,000 galones de diesel al año. Se requieren 20,000 galones de biodiesel puro (B100) para la conversión a B20. El diferencial de precio entre el diesel y el biodiesel con la nueva planta es de aproximadamente \$0.25 - \$0.50/galón. Esto traduce a gastos adicionales entre \$5,000 y \$10,000 dólares anuales. Cabe mencionar que no es necesario invertir en modificar la infraestructura ya que el B20 es un sustituto "drop in". Además la Administración de Asuntos de Energía tiene fondos disponibles para pagar el diferencial de precio. **Este proyecto puede ser implementado inmediatamente.**

La conversión de la flota de vehículos de gasolina es mucho mas complicada en términos de inversión en infraestructura, disponibilidad de combustibles alternos (i.e., bioetanol) y modificación de la flota. Una alternativa es la compra de vehículos híbridos con miras a mejorar la eficiencia de los vehículos. Esto requiere un análisis detallado que incluya no solo los costos adicionales por vehículo sino que también los gastos de mantenimiento con el reemplazo del banco de baterías. Este estudio está fuera del alcance de este proyecto. La Tabla 11 resume los proyectos demostrativos de este sector.

Tabla 11. Proyectos demostrativos para el sector gubernamental.

Lugar	Tecnología	Ahorro (% del total)	Costo (\$)
Centro de Gobierno	PV 10,000 ft ² 100' x 100'	100 kW durante 6 horas \$110/día 10% reducción promedio 2.5% total de la demanda gubernamental	1,000,000
Centro de Gobierno	Eficiencia de Iluminación T12 (40W) a T8 (25 W)	694 kWh = \$130/día 2.9% total de la demanda gubernamental	Requiere una auditoria formal
Obras Públicas Municipales	Conversión a Biodiesel	20% del total 20,000 g/año de B100	\$5,000 a \$10,000 Al año
TOTAL		5.4% electricidad 20% Diesel	>\$1,000,000

3. Plan de Ejecución - Regiones de Alta Visibilidad

Se acuerda estudiar la posibilidad de proponer un Proyecto de Alta Visibilidad alrededor del Consolidated Building que incluya áreas residenciales, comerciales y edificio con oficinas de servicio. Al otro lado del Expreso 52 se encuentra otro posible proyecto de alta visibilidad que comprende el Cerro Borrás, las Urbanizaciones Valle Tolima e Idamaris Gardens, y el edificio Multi-fabril. Véase foto 5.



Foto 5. Posible Proyecto de Alta Visibilidad: Corredor Energético de Caguas. Incluye áreas residenciales, comerciales y edificio con oficinas de servicio.

En resumen, las áreas propuestas para proyectos de energía de alta visibilidad son:

- Cerro Borrás/Comunidades Idamaris y Valle Tolima/Multifabri
- Residencial Gautier/Edificio Médico/Plaza del Carmen Mall
- Comunidad San Salvador

Agradecimientos

El equipo de trabajo de UPRM desea agradecer al Ingeniero Raymond Hernández de la Oficina de Planificación Estratégica del Municipio de Caguas por su dedicación para alcanzar el éxito de esta iniciativa. Sus esfuerzos de coordinación de visitas al igual que la obtención de datos son agradecidos. Se reconoce el trabajo de los estudiantes Hillmon Ladner y Luis Collazo en algunas tareas del proyecto.

Anejos

Anejo 1

Actividades Relacionadas

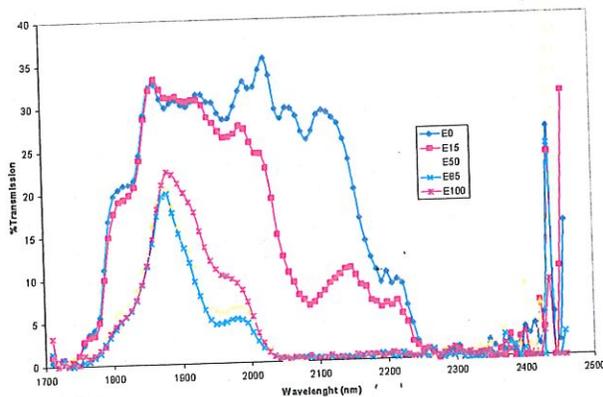
Dado el alto nivel de preocupación general por las tendencias del sector energético los Drs. O'Neill, Irizarry y Colucci participaron en una serie de actividades relacionadas al proyecto de Caguas Sustentables mencionadas a continuación:

- i) Envío información al Ing. Raymond Hernández relacionado a los esfuerzos de Biorefinería que se están desarrollando en UPRM y INDUNIV/PRIDCO.
- ii) Se obtuvo una beca de UPITT (\$8,000 un semestre) para proyecto de sustentabilidad en Puerto Rico.
- iii) El 17 de agosto se participo en el Simposio de Energía Sustentable en la Convención del Colegio de Químicos, *PRCHEM2006*, en donde se mencionó el proyecto de Caguas Energéticamente Sustentable.
- iv) Continúan las conversaciones con altos funcionarios de gobierno de la República Dominicana del área de energía los cuales interesan "migrar" y "adaptar" el proyecto de Caguas. Los Drs. O'Neill e Irizarry visitaron varias facilidades en la República Dominicana la semana del 25 de septiembre acompañados por el Decano de Ingeniería de la UPRM, Dr. Ramón Vásquez.
- v) Sometió una propuesta al Colegio San Ignacio de Río Piedras interesados en la implementación de proyectos "educativos" de alto impacto de energía sustentable.
- vi) El Dr. Colucci participó en varios foros del CIAPR relacionados a la comercialización de biodiesel en Puerto Rico (Mayagüez - 26 de octubre y San Juan - 27 de octubre).
- vii) El Dr. Colucci se reunió con personal de la oficina de Turismo y de la Oficina de Asuntos de Energía el 26 de septiembre para discutir proyectos de energía sustentable en el área de eco-turismo.
- viii) El Dr. Colucci participó en unas vistas públicas el 26 de septiembre de la Cámara de Representantes relacionadas a incentivos para molinos de viento y paneles fotovoltaicos.
- ix) El Dr. O'Neill se reunió con representantes de la Compañía Southern del Sureste de EEUU para identificar potenciales colaboraciones, en especial apoyo a los laboratorios de energía y potencia del RUM.
- x) Los Drs. O'Neill y Colucci se reunieron con el Ing. Juan Rosario, de la compañía BP. Entre otros negocios, BP es la manufacturera más grande de paneles solares en el mundo. Se le presentó al Ing. Rosario la posibilidad de desarrollar profesionales con un perfil en energía renovable, y el posible establecimiento de un espacio en el RUM donde se expusiera el trabajo en energía renovable de BP. Además, se le presentó al Ing. Rosario el proyecto de Caguas y la posibilidad de alguna colaboración de BP en la implantación de uno o más proyectos de energía solar en Caguas. En adición, se le mencionó al Ing. Rosario el concepto de la Biorefinería. Se le dará seguimiento a estas iniciativas por correo electrónico.
- xi) El Dr. Colucci se reunió con representantes de la compañía General Electric. Al igual que a BP se le presentaron detalles del proyecto de Caguas Energéticamente

- Sustentable y la posibilidad de alguna colaboración de General Electric en la implantación de uno o más proyectos de energía solar en Caguas.
- xii) El Dr. Colucci fue nombrado parte del comité de avalúo de las opciones tecnológicas que se están considerando en el municipio de Caguas para la conversión de residuos sólidos a energía y/o productos de valor. El 18 de octubre se llevó a cabo la conferencia de prensa en San Juan en donde se presentó al comité.
 - xiii) El 20 de octubre de 2006 el Dr. Colucci fue parte del panel de comentarios del Foro Alternativas de Conversión de Desperdicios Sólidos celebrado en el CIAPR – Hato Rey.
 - xiv) Se comenzó a organizar por petición del rector Jorge Vélez Arocho un Foro Internacional de Energía Sustentable a celebrarse en Mayo del 2007. El Dr. Colucci se reunió el 10 de octubre de 2006 con representantes del Centro de Transferencia de Tecnología de UPRM para discutir su participación en esta iniciativa. En adición se contactó a representantes de las entidades PRTEC, INDUNIV, PRIDCO-España para invitarlos a co-auspiciar el evento. Próximamente se le someterá la propuesta al Rector
 - xv) El Dr. Colucci será parte de un comité de tesis de maestría del departamento de Ingeniería Industrial cuyo tema envuelve la comparación entre la comercialización del biodiesel en Puerto Rico y los Estados Unidos continentales.
 - xvi) Se continúan las conversaciones con la compañía General Electric referente al proyecto de Caguas Energéticamente Sustentable y la posibilidad de alguna colaboración de General Electric en la implantación de uno o más proyectos de energía solar en Caguas.
 - xvii) Se comenzó el cultivo de microalgas con alto contenido de aceite en el laboratorio del Dr. Colucci. Estas microalgas, en teoría, tienen un alto potencial como fuente de aceite para la producción de biodiesel. El 31 de octubre se visitaron las facilidades de "charcas" de Lajas propiedad del departamento de Ciencias Marinas con miras a utilizarlas en un futuro para el cultivo de las microalgas a una escala mayor.
 - xviii) Se comenzaron conversaciones con la compañía Dow Chemical referente a establecer una industria integrada de sustancias químicas basada en materia prima agrícola en Puerto Rico. Su interés proviene de la posibilidad de producir bio-butanol en vez de etanol por métodos biológicos utilizando biomasa como materia prima.
 - xix) Se le preparó una carta a INDUNIV para que consideren invitar a la compañía CHEVRON a Puerto Rico para discutir una potencial alianza con miras a establecer una industria integrada de sustancias químicas basada en materia prima agrícola en Puerto Rico similar a las conversaciones con Dow. Ellos ya han establecido este tipo de alianza con California.
 - xx) Se comenzó a contactar instituciones tales como el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) de España mediante PRIDCO – España con miras a establecer alianzas estratégicas con esta entidad durante el Foro de Energía Sustentable Internacional de mayo de 2007.
 - xxi) Se tuvo conversaciones con la compañía ABENGOA referente a establecer una industria integrada de sustancias químicas basada en materia prima agrícola en Puerto Rico. En este momento tienen otras prioridades. Además, INDUNIV coordinó

- una mesa redonda con los reporteros de *Caribbean Business* el 5 de diciembre para discutir el mismo tema con reconocidos científicos de UPRM incluyendo al Dr. Colucci.
- xxii) Se comenzaron conversaciones con el director del *Tropical Agricultural Research Station*, Dr. Ricardo Goenaga, referente al interés de empresarios de Hawai en visitar a Puerto Rico para ver la plantación de árboles de aceite de palma en Comerío.
- xxiii) Se coordinó una reunión con PRTC para el 5 de diciembre para discutir un proyecto potencial de eficiencia y conservación de energía en algunas de sus facilidades.
- xxiv) Comenzaron conversaciones con el señor Eurípides Díaz de Gatsby dado su interés de que se considere a la comunidad Hacienda San José dentro de las opciones residenciales de proyectos pioneros de alta visibilidad. En esta comunidad hay aproximadamente 1,700 residencias al igual que áreas comunes que incluyen una "Casa Club", cancha de baloncesto bajo techo y canchas de tenis alumbradas. Dado la localización de esta comunidad es posible que tengan vientos adecuados para generar energía aeólica.
- xxv) El 5 de diciembre un grupo de profesores de UPRM se reunió en las facilidades de PRIDCO en Hato Rey para ser entrevistados por un reportero de *Caribbean Business*. El enfoque de la entrevista era identificar oportunidades potenciales en Puerto Rico para establecer un sector de la economía basada en biomasa (*Biobased Economy*) y anclada en el establecimiento de *Biorefinerías* y un Centro Virtual de Investigación en Bioenergía. Esta iniciativa está liderada por el Ing. Iván Lugo, Director Ejecutivo de INDUNIV.
- xxvi) Continúan las investigaciones en el laboratorio del Dr. Colucci relacionadas al cultivo de microalgas con alto contenido de aceite, la conversión de glicerina a glicol de propileno, desarrollo de técnicas analíticas para validar mezclas de etanol (E15, E85) y caracterización-monitoreo de celdas combustibles usando técnicas no invasivas. Las microalgas, en teoría, tienen un alto potencial como fuente de para la producción de biodiesel.

Ethanol-Iso-octane (gasoline) Blends Analysis with NIR Spectrometry



aceite

El 7 de diciembre se le presentó a unos potenciales desarrolladores los resultados preliminares de las microalgas. Referente al análisis de mezclas de etanol se utilizará un espectrómetro de infrarrojo cercano (NIR por sus siglas en inglés). Las celdas combustibles son caracterizadas con un Espectrómetro de Impedancia Electroquímica (EIS por sus siglas en inglés).

- xxvii) Un grupo de profesores de UPRM visitaron varias facilidades de la Puerto Rico Telephone Company (PRTC) con miras a identificar oportunidades de reducir sus consumos de energía.

- xxviii) Continúan las conversaciones con el recinto de ciencias médicas de la Universidad de Puerto Rico para electrificar y proveer agua potable a las facilidades del Centro de Primates localizadas en el Cayo Santiago. Además, ellos interesan participar en un proyecto demostrativo de energía sustentable en su recinto en Río Piedras.
- xxix) El 7 de diciembre de 2006 nos reunimos el doctor O'Neill y el doctor Irizarry con el doctor Javier Quintana, Administrador de la Administración de Asuntos de Energía (AAE) y Director Ejecutivo de la Administración de Desperdicios Sólidos (ADS), y con la señora Olga Alsina Ayudante Especial del doctor Quintana en AAE. Nos han solicitado una propuesta para hacer un estudio de un año que establezca metas alcanzables de uso de renovables a incorporarse en el "Energy Standard Portfolio" para Puerto Rico. Esto es en efecto una continuación del Estudio que actualmente estamos haciendo para Caguas pero con alcance para toda la Isla.

Anejo 2

Estudio Energético para el Municipio Autónomo de Caguas Sector Residencial

El Municipio Autónomo de Caguas y el Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico firmaron un acuerdo para realizar un estudio que permita identificar tecnologías y estrategias para ahorro de energía eléctrica en los sectores residenciales, comerciales, industriales y gubernamentales. Este estudio beneficiará a los residentes de Caguas en la medida que las recomendaciones del estudio ayuden a bajar los costos de energía eléctrica, siendo más atractiva la ciudad para negocios y teniendo un impacto positivo para el consumidor cagueno. Además, el estudio pone a Caguas una vez más, como a la vanguardia y como líder, esta vez en el cambio hacia recursos de energía renovables, ante los altos gastos actuales y futuros del petróleo.

A nivel residencial, el estudio consta de un cuestionario con preguntas básicas que permitirá identificar las preferencias de uso de energía los ciudadanos de Caguas de manera que se puedan recomendar maneras para ahorro de energía. Además, se busca identificar ideas para futuras actividades de orientación a las comunidades en el área de ahorro de energía. Previo a suministrar el cuestionario, se solicitará la aprobación y la ayuda de Las Juntas o Consejos de Residentes de cada comunidad en la revisión del mismo. Una vez el cuestionario sea revisado, se solicitará la ayuda de La Junta o Consejo de Residentes para su distribución.

El llenar el cuestionario es enteramente voluntario y no se puede identificar la persona que llena el mismo. Los residentes tienen el derecho a ejercer su prerrogativa de no participar en el mismo si así lo desean y que no habrá ninguna penalidad para el que no participe. El participante puede optar por dejar en blanco cualquier parte que desee sin necesidad u obligación de justificar los motivos de su decisión.

Una vez se complete la etapa de entrega y devolución de cuestionarios, los mismos serán estudiados por profesores y estudiantes de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, para desarrollar las recomendaciones necesarias. Se hará un informe sobre las recomendaciones sobre ahorro de energía que será presentado a la Junta o Consejo de Residentes de cada comunidad, y se le entregará copia escrita del mismo. Se devolverán todos los cuestionarios llenados a la Junta o Consejo de Residentes para su final disposición. El informe y sus recomendaciones estarán disponibles para los residentes a través de los medios usuales de comunicación de la Junta o Consejo de Residentes.

Los hallazgos del estudio a nivel residencial también formarán parte de informes al Municipio de Caguas, con la intención de recomendar el desarrollo de plan de acción y programas que ayuden a los ciudadanos de Caguas a ahorrar energía eléctrica. Estos informes al Municipio, servirán de guía para la redacción de recomendaciones y otras publicaciones como artículos en revistas profesionales que beneficien a todo Puerto Rico.

Agradecemos su ayuda en este proceso importantísimo para el desarrollo socio-económico de Puerto Rico, y para ayudar a disminuir el impacto al ambiental en Puerto Rico.

Anejo 3

Estudio Energético para el Municipio Autónomo de Caguas
Sector Residencial

1. Indique el tipo de habitaciones que existe en su hogar:

Numero de Cuartos dormitorios _____	Sala _____	"Family room" _____
Baños _____	Comedor _____	Balcón _____
Otro _____	Terraza _____	Otro _____
Otro _____	Patio _____	Otro _____

2. Indique el tipo de equipo que existe en su hogar:

Estufa de gas _____	Calentador de agua De tanque _____ De línea _____ Solar _____	Núm. Acondicionador de aire de ventana _____
Estufa eléctrica _____ ¿Tiene horno? _____	Abanicos _____	Núm. Acondicionador de aire (mini-split o consola) _____
Nevera _____	Tostadoras _____	Horno de microondas _____
Número de televisores _____	Secadoras de pelo "blowers" _____	Equipo que use un motor (portón eléctrico) _____
Secadora de ropa _____	Lavadora _____	Otro _____

3. Iluminación

Cuente la cantidad de bombillas que hay dentro de su hogar

Cuente la cantidad de bombillas que hay en el exterior de su hogar (ejemplo: balcón)

Si lo conoce, cual tipo de bombilla tiene usted en más cantidad dentro de su hogar: _____

Incandescentes, _____ Fluorescentes, _____ Fluorescentes compactas, _____ Otras (indique)

4. Tiene algún equipo para ahorrar energía en su hogar ("timer", "dimmer" para las luces, bombillas fluorescentes compactas, etc)

5. Número de personas que residen en su hogar

6. Si su hogar es un apartamento, indicar el piso en que vive, y de cuantos pisos es el edificio _____

7. Si lo conoce, indique el consumo de energía eléctrica de su hogar (en su factura está en la primera línea, al lado de la fecha de Próxima Lectura, bajo el Título Consumo kWh)

8. Le gustaría conocer sobre maneras para ahorrar energía eléctrica

9. Que tipo de actividades relacionadas a energía interesaría conocer (ejemplos Como Consumir menos energía, actividades para niños, energía y el ambiente, etc)

Comentarios:

Anejo 4

Presentación de Ahorro de Energía

ENERGIA ELECTRICA Y COMO AHORRAR DINERO

Dr. Efraín O'Neill-Carrillo, PE
Dra. Sandra Cruz-Pol
Dr. Agustín Irizarry-Rivera, PE

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras
Universidad de Puerto Rico-Mayagüez

1 de febrero de 2007

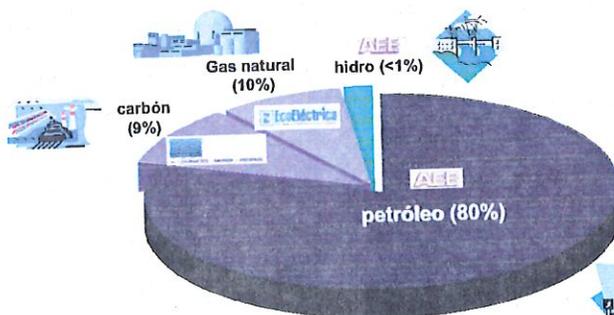
¿Qué es Energía?

- Todo lo que nos rodea envuelve energía
- Energía es poder hacer un trabajo, lograr que algo se mueva o cambie de formar
- Ejemplos:
 - Comida – Energía almacenada que el cuerpo transforma y nos permite vivir
 - Gasolina – Energía almacenada que al quemarse en el motor produce movimiento
 - Energía Eléctrica – La transformamos en luz, movimiento y sonido en nuestras casas
 - Impacto ambiental



¿De dónde viene la Energía Eléctrica?

- En Puerto Rico, el 99% de la energía eléctrica viene de quemar petróleo, carbón o gas natural



Source: PREPA Bonds Prospectus, August 8, 2003.



Combustibles disponibles en PR

- **Petróleo: cero**
- **Gas natural: cero**
- **Carbón: cero**

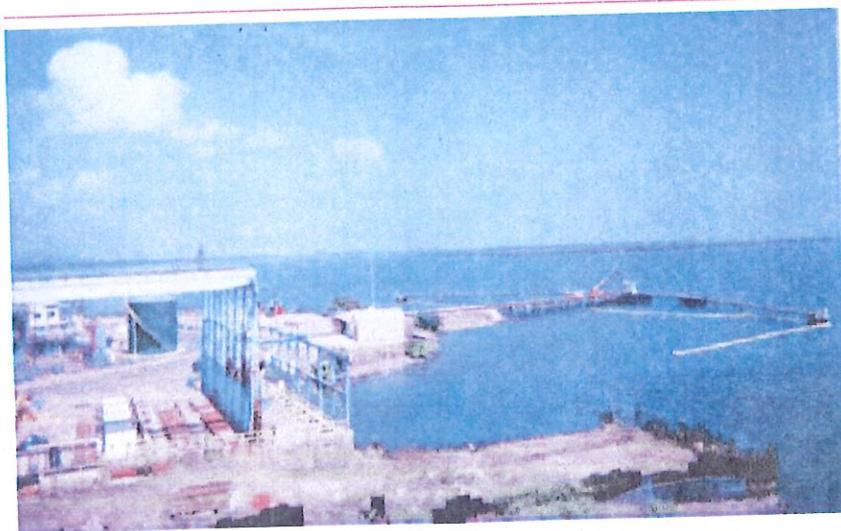
- **Por no tener ni petróleo, ni carbón, ni gas natural, tenemos que comprarlos de afuera al precio que sea**
 - En parte por eso pagamos mucho de luz



Combustible principal: petróleo



Puerto



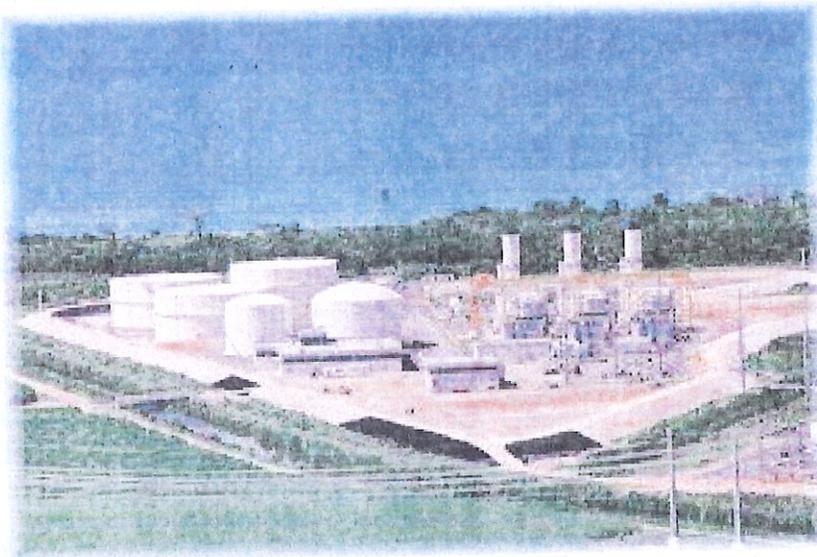
Almacenamiento de combustible



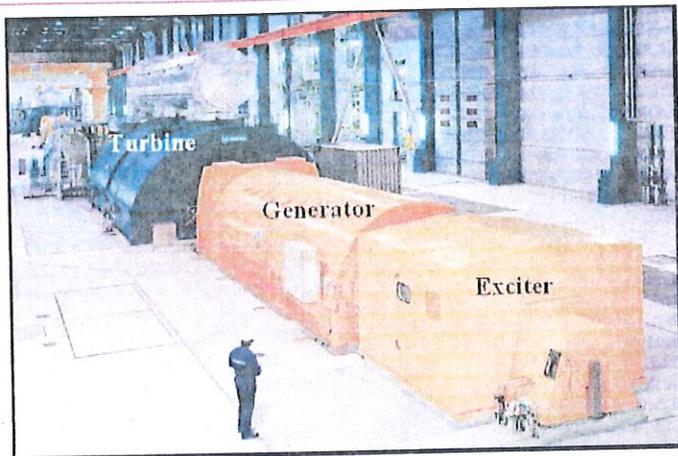
Generación



Planta Generadora Cambalache en Arecibo



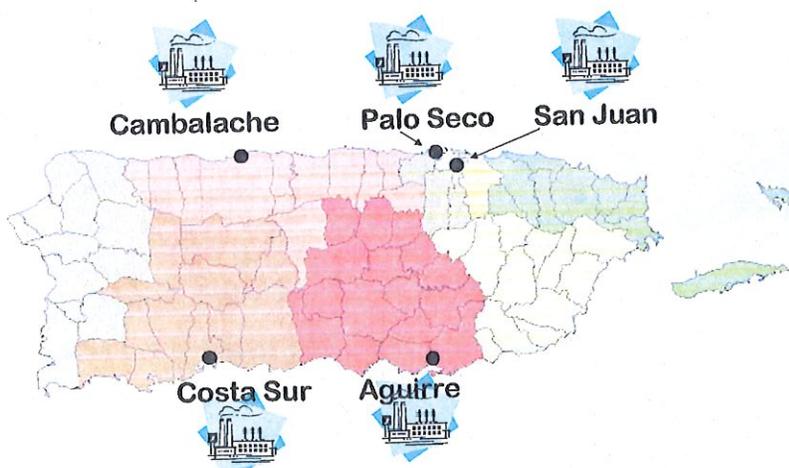
Generador



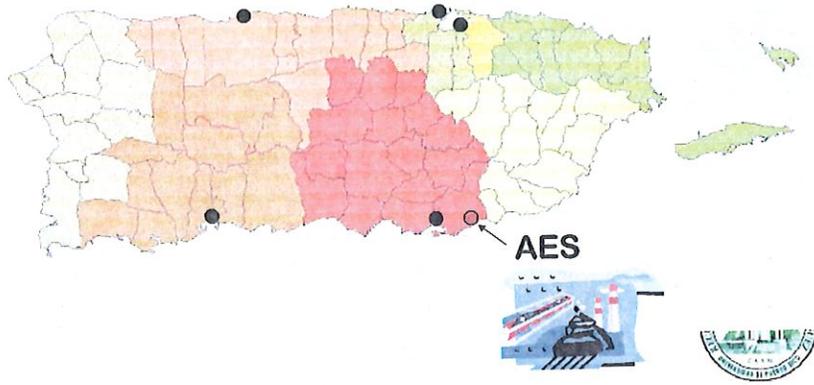
Transformador



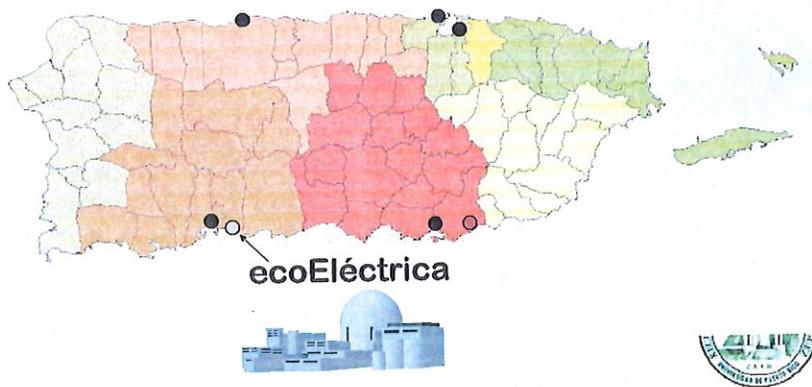
Generación quemando petróleo



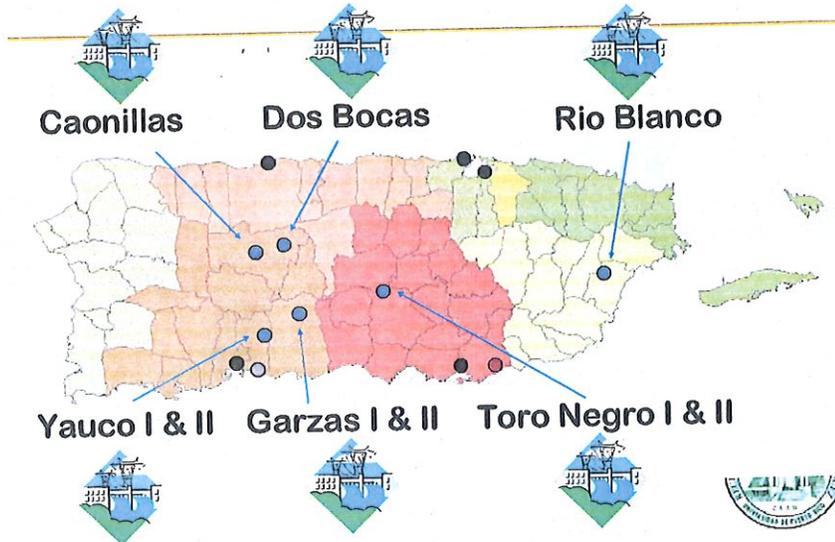
Generación quemando carbón



Generación quemando gas natural



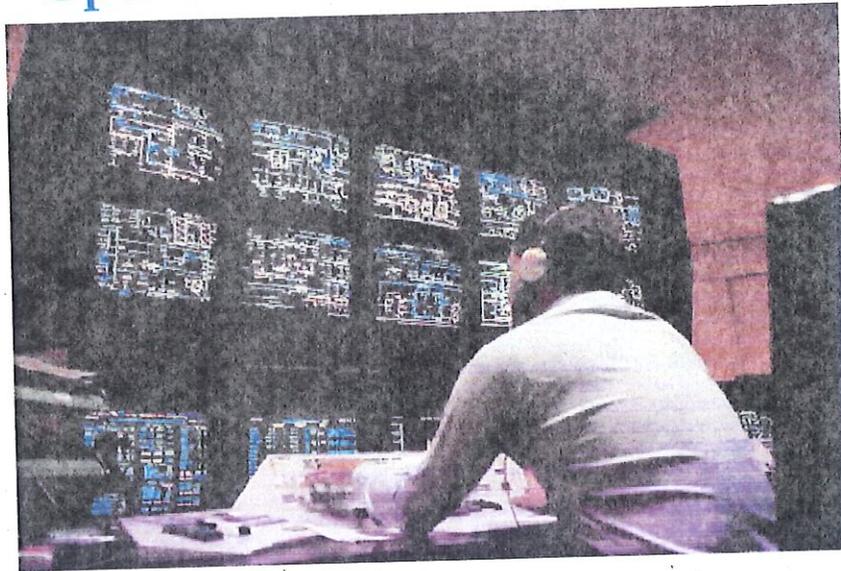
Generación hidroeléctrica



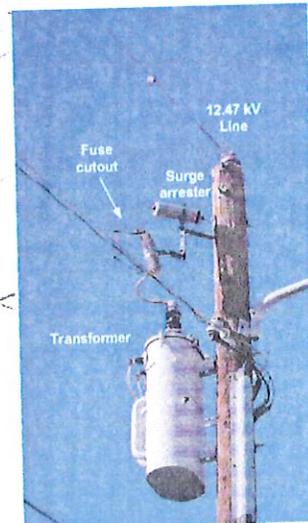
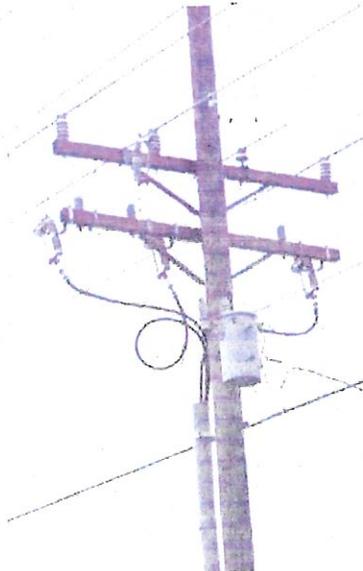
Como las plantas quedan lejos, hay que transportar la energía eléctrica usando líneas de transmisión



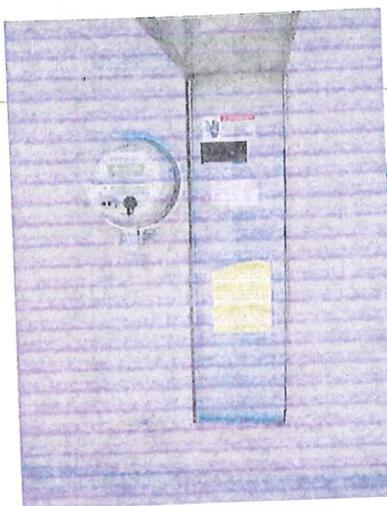
Operador controlando el Sistema



Distribución



En las casas...



Precio de la electricidad en Puerto Rico comparada a EEUU y Europa

	Puerto Rico (2002)	U.S. (2002)	Spain (2003)
Residencial	\$0.109/kWh	\$0.085/kWh	€0.082/kWh
Commercial	\$0.127/kWh	\$0.079/kWh	€0.075/kWh
Industrial	\$0.101/kWh	\$0.049/kWh	€0.059/kWh

Source: 2002 Annual Electric Power Industry Report, Energy Information Agency



Alternativas Disponibles en PR

- Sol: un montón
- Viento: bastante
- Mar: por todos lados
- Gente: lo más que exportamos
- Ahorrar: lo menos que hacemos

- ¿Y por qué no usamos esas alternativas?



Ahorro Energía

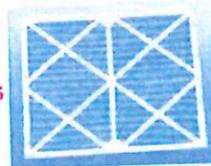
- Ajustar la temperatura de los aires acondicionados, menos fríos.
- Cerrar puertas y ventanas de salones con aire
- Apagar enseres, luces y aires al salir de un cuarto
- Apagar televisores mientras no se usen

Mito vs. Realidad: Los enseres se mantienen encendido puesto el estar prendiéndolos y apagándolos los dañan.
FALSO! Eso sólo ocurría hace 2 décadas.

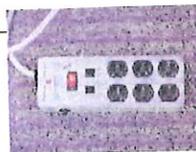


Energía

- **Ahorro Eléctrica**
 - Mantener filtros de aires limpios
 - Enseres eficientes
 - Iluminación
 - Bombillas fluorescentes compactas
 - Usan 75% menos electricidad
 - Duran 10 veces más
 - Cargas Fantasma



Para evitar cargas Fantasma:
• **apague los enseres** (o mejor aún desconéctelos) **cuando no los esté usando o...**
• Use un "power strip" y así los apaga todos a la vez.



UNPLUGGED
UPRM





- *Use laptops en lugar de PC cuando sea posible. Gastan 1/3 de la energía.
- *Apáguela si no la va a usar en 1 hora o más.
- * Prenda la impresora y bocinas sólo cuando las está usando.

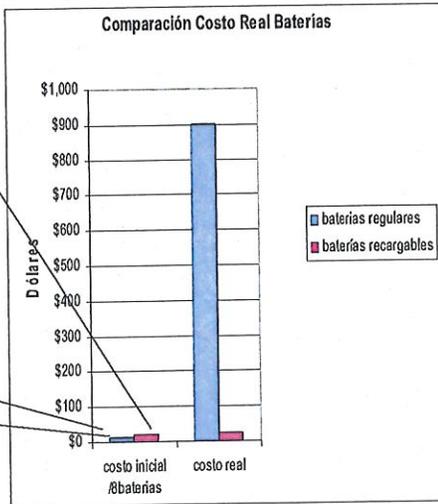
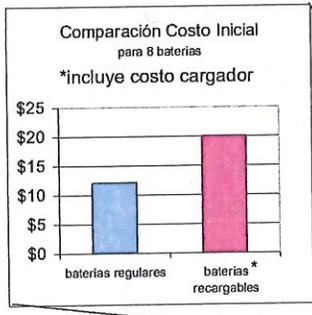
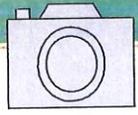


Compras

- **Equipo y enseres tomando en cuenta eficiencia energética**
 - ↳ Energy Star
- **Usar acondicionadores de aire tipo “mini-split” en vez de los de ventana**
- **Calentadores solares**
- **Baterías recargables**



Ejemplo: 8 Baterías [4 AA y 4 AAA]



AHORRO TOTAL: \$876+ por cada 8 baterías recargables !!
(equivalencia: x100)

Reforestación



- Promover siembra de árboles
 - organizaciones estudiantiles
- Promover conocimiento del Fideicomiso de Recurso Naturales
- Dan sombra y mantienen la casa fresca (usar menos el acondicionador de aire)



Agua

Se consume mucha energía para proveer agua potable. Al ahorrar agua, ahorramos \$ y emisiones.

- Sistema de riegos
- Grifos – cartelones para crear conciencia en los baños y duchas.
- Comprar duchas de 2.5 galones por minuto

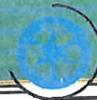


Según la ONU el agua potable será uno de los recursos más escasos en los próximos 18 años.



Reciclaje de materiales

Programa de Desvío de Residuos Sólidos
(Ahorra muchas emisiones)



Reciclaje - establecer sistema para recogerlo y venderlo

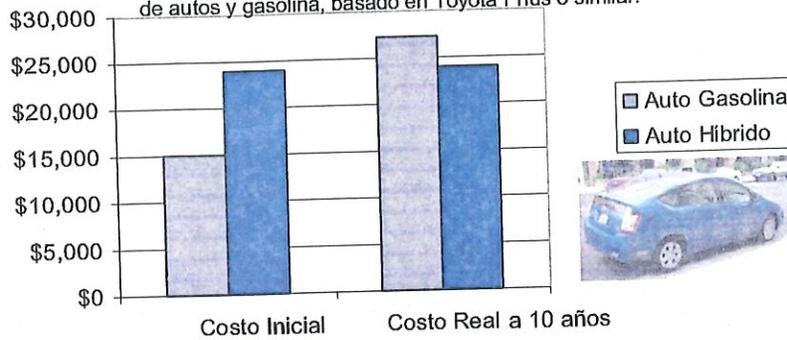
1. Papel
2. Plástico
3. Styrofoam
4. Aluminio



Comparación de Costo entre Auto Híbrido y Auto Regular

****AHORRO por auto es de \$6,088 en 5 años
o \$12,177 en 10 años****

Según datos de Transportación del RUM de uso promedio de autos y gasolina, basado en Toyota Prius o similar.



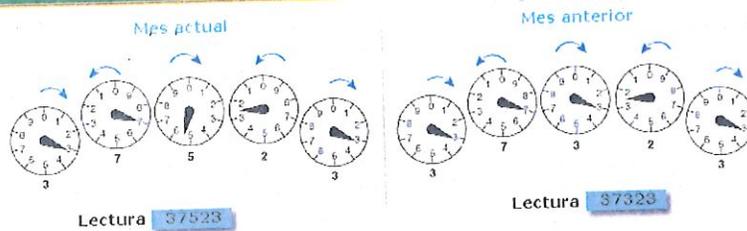
Costo Inicial y Costo Real tomando en cuenta gastos adicionales debido a eficiencia o ineficiencia de combustible del auto regular de gasolina vs. auto híbrido.

Como Leer su Contador

- Si la aguja esta sobre un número se tomará ese número
- Si la aguja está entre dos números se toma el menor, excepto cuando está entre (0) y (9) se tomará el 9



Como Leer su Contador



- **Ejemplo:**
 - La lectura del mes es 37523 kWh y la del mes anterior fue 37323 kWh.
 - El consumo fue de $37523 - 37323 = 200$ kWh

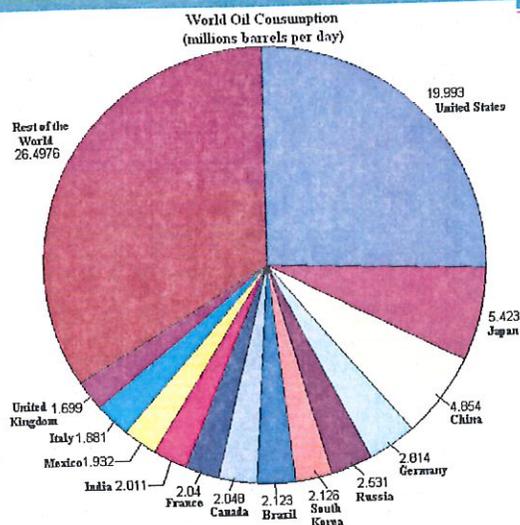


Energía y las Comunidades

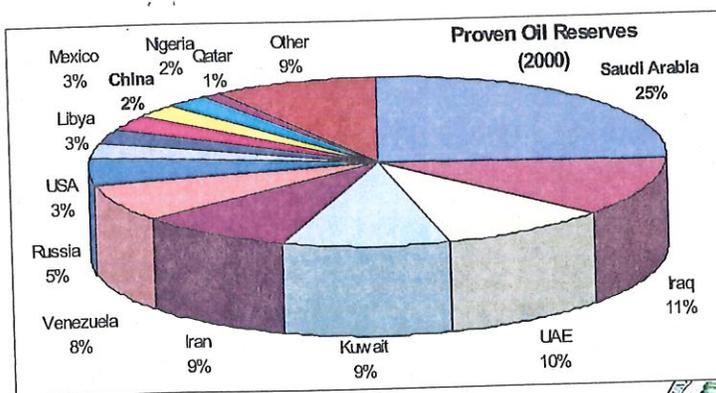
- Educación, educación, educación
- Apoderar a las comunidades para que tomen las riendas de su futuro
 - Exigir al gobierno acción para reducir costos
- Necesidad de mecanismos para lograr esta meta desde el punto de vista de energía
 - Aumentar independencia de la red
 - Reducir la dependencia de petróleo
 - Educar en patrones de consumo y eficiencia de energía
 - Acercamiento y colaboración de Mucha Gente con diferentes talentos
 - No consultoría, sino colaboración mutua



Consumo Mundial de Petróleo

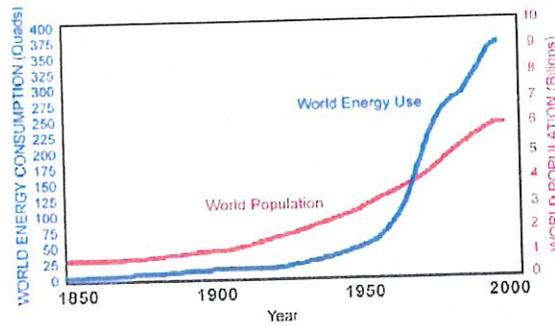


Reservas Mundiales de Petróleo



ENERGIA para 10,000 millones

Energy Needs for Sustainable Development

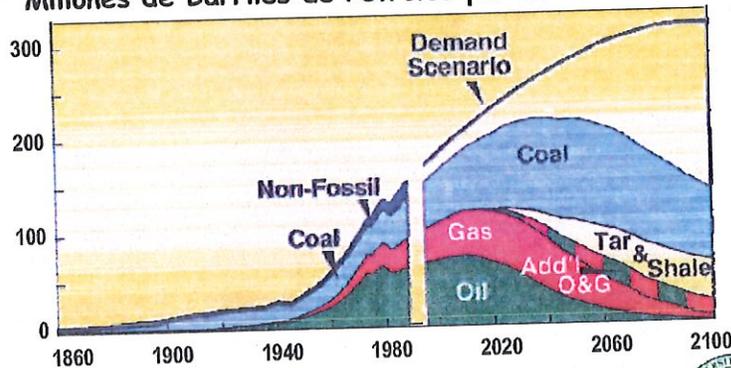


Source: USA Department of Energy



Demanda Mundial de Energía

Millones de Barriles de Petróleo por Día



Source: John F. Bookout (President of Shell USA), "Two Centuries of Fossil Fuel Energy," International Geological Congress, Washington DC; July 10, 1985



¿Por qué esto es importante en Caguas?

- **Caguas está en un valle**
 - Recibe toda la contaminación de sus alrededores
 - Efectos negativos a la salud y el ambiente
- **Caguas puede ser ejemplo para Puerto Rico**

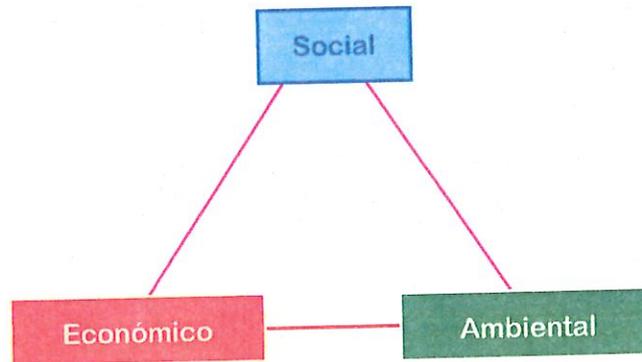


Sostenibilidad

- **Un futuro sostenible es una visión aceptada por todos los sectores sociales**
- **Una definición clásica: Las necesidades de la presente generación deben ser satisfechas sin comprometer las necesidades de generaciones futuras**



Hacia un futuro sostenible



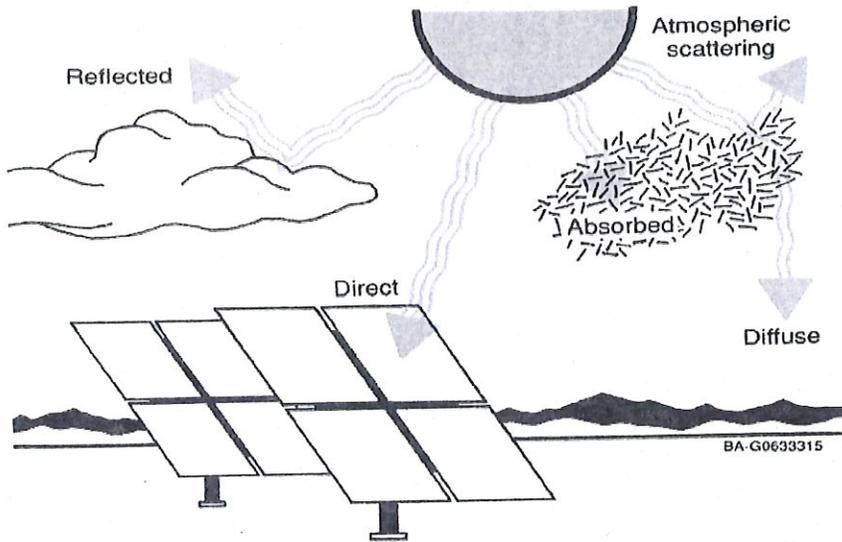
Hacia un futuro sostenible

- **Fuentes y Tecnologías de Energía**
 - ↳ Viento, Solar, Hidrógeno, Almacenamiento
- **Asuntos de Interconexión**
 - ↳ Electrónica de potencia y calidad de potencia
 - ↳ "Net metering" & generación distribuida
 - ↳ Standards
 - ↳ Analisis económico



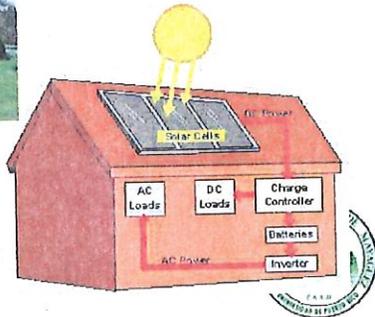
Energía Renovable

- Viento
- Solar: ideal para comunidades
- Biodiesel (B10 a B100)
- Etanol



Source: Solar Energy Research Institute

Ejemplos

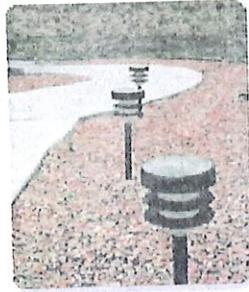




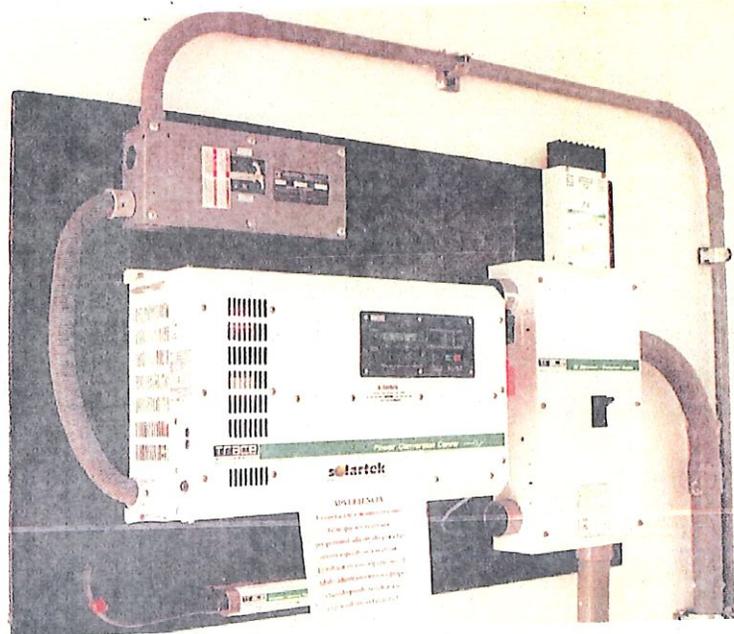
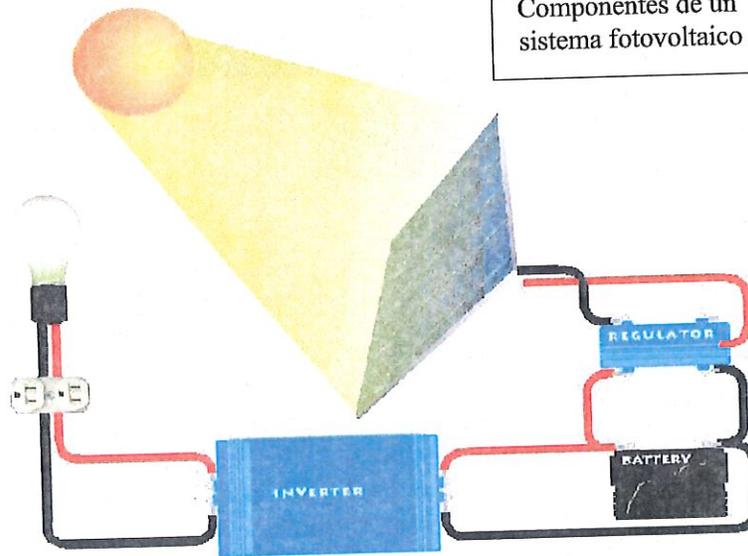
Sistema en Isla de Mona



Ejemplos



Componentes de un sistema fotovoltaico



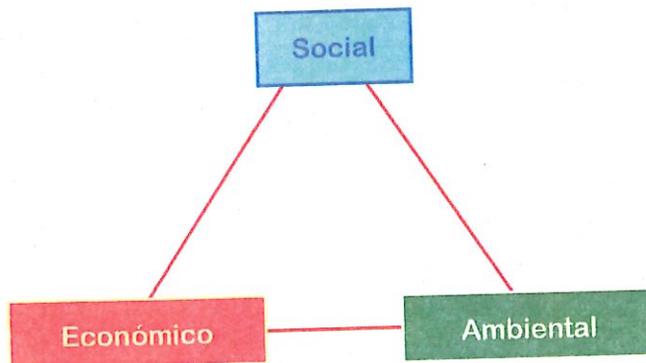
Ley de Desarrollo Sostenible de Puerto Rico

“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 **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.” (Ley núm. 267 del 10 de Septiembre de 2004)



Retomar la Agenda Inclusa



- Debemos retomar la Agenda Inclusa de Autosuficiencia Energética para Puerto Rico a través de la Filosofía Sostenibilidad



En el RUM, optamos por asumir la responsabilidad de atender sistemática y científicamente la problemática de energía de nuestro país en su complejidad técnica, económica, ambiental y social.



Nuestro mecanismo para ejecutar esta opción es **ITEAS:**
Instituto Tropical de Energía Ambiente y Sociedad



Energía y las Comunidades

- **Educación, educación, educación**
- **Informar a las comunidades para que tomen las riendas de su futuro**
 - Exigir al gobierno acción para reducir costos
- **Necesidad de mecanismos para lograr esta meta desde el punto de vista de energía**
 - Aumentar independencia de la red
 - Reducir la dependencia de petróleo
 - Educar en patrones de consumo y eficiencia de energía
 - Acercamiento y colaboración de Mucha Gente con diferentes talentos
 - No consultoría, sino colaboración mutua

