



Ciencia y Sociedad

ISSN: 0378-7680

dpc@mail.intec.edu.do

Instituto Tecnológico de Santo Domingo

República Dominicana

Quintana, Cándido; Campusano, Máximo; Álvarez, Arsenio; Santana, José; Luis, Guillermo; Ocaña, Víctor

POTENCIAL DE INSERCIÓN DEL INTEC EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO DEL
PROTOCOLO DE KIOTO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO

Ciencia y Sociedad, vol. 38, núm. 3, 2013, pp. 515-550

Instituto Tecnológico de Santo Domingo

Santo Domingo, República Dominicana

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87028918005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

POTENCIAL DE INSERCIÓN DEL INTEC EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO DEL PROTOCOLO DE KIOTO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

INTEC potential Insertion in the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol by Implementing a Solar System

Cándido Quintana
Máximo Campusano
Arsenio Álvarez
José Santana
Luis Guillermo
Víctor Ocaña

Resumen: El presente trabajo es el resultado de un estudio realizado en el marco de un proyecto semilla auspiciado por el INTEC, por la Comisión Internacional Asesora de Ciencia y Tecnología y la empresa Basic Energy. Según el Anexo 1 del Protocolo de Kioto los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) le permiten a los gobiernos de los países industrializados y a las empresas suscribir acuerdos para cumplir metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Existen mecanismos específicos para la Investigación y Desarrollo (I+D), para la Transferencia de Tecnología y Creación de Capacidades para hacer frente al Cambio Climático. Como consecuencia de las razones anteriores se planteó como objetivo determinar el

potencial de créditos de carbonos que se generarían en el INTEC, para ser considerados en la inserción del Mecanismo de Desarrollo Limpio, utilizando la tecnología solar fotovoltaica.

Luego de realizado el estudio se constata que con la instalación de un sistema solar fotovoltaico, el INTEC generaría ingresos anuales por la venta de créditos de carbono a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio. De acuerdo a la Variante 5 (Tecn. Silicio MonoC) tales ingresos serían de unos US\$16,531 dólares anuales. Por otro lado aunque los precios de los créditos de carbono –CREs– no son muy competitivos actualmente, los mismos influyen considerablemente en la viabilidad del proyecto. Se estima que los precios de los CREs sobrepasen los US\$15.00 dólares en un futuro cercano.

De las tecnologías fotovoltaicas, la referida a los paneles de silicio monocristalino es la que más conviene debido a los precios actuales en el mercado. No obstante, debe considerarse la tecnología CIGS de película fina flexible. La diferencia de precios del kW instalado entre ambas tecnologías, según este estudio, es de US\$276.00. El análisis muestra cómo la Variante 6 –que se refiere a las Instalaciones del INTEC + Terreno 1 + Terreno 2– tiene una capacidad que podría capturar 4,544 t CO₂/año. Es la variante con mayor capacidad instalada (40 29 kW), sin embargo, el Terreno 2 no es propiedad del INTEC actualmente. En caso de que la institución adquiriera el terreno, este podría acondicionarse o utilizarse para fines diversos e incluir una planta fotovoltaica en las áreas de los techos. Sin embargo la Variante 5, Instalaciones del INTEC + Terreno 1 (Solar Parqueo “El Desierto”), sería la más conveniente para realizar la instalación tomando como tecnología silicio monocristalino. Esto se considera a partir de la inversión (\$5,484,787.00) y su factibilidad (TIR 14.3%, VAN \$498,462.67 y TR 7.24 años). La generación eléctrica además del generador fotovoltaico estaría por encima del consumo. Con una capacidad instalada de 2,164 kW se generarían 3,641 kWh anualmente lo cual excede el consumo en más del 80%.

Palabras claves: Potencial, INTEC, mecanismo de desarrollo limpio, Protocolo de Kioto, sistema solar fotovoltaico, créditos de carbono, transferencia de tecnología.

Abstract: According to Annex 1 of the Kyoto Protocol's Clean Development Mechanism (CDM) will allow industrialized country governments and companies sign agreements to meet reduction targets of greenhouse gases (GHGs). There are specific mechanisms for Research and Development (R & D) for Technology Transfer and Capacity Building to address Climate Change. For this reason we raised aimed at determining the potential for carbon credits to be generated at INTEC, to be considered at the insertion of the Clean Development Mechanism, using solar photovoltaic technology.

After conducted the study finds that the installation of a solar photovoltaic system, the INTEC would generate annual revenues from the sale of carbon credits through the Clean Development Mechanism. According to Alternative 5 (Tecn. Silicon monoc) such income would be about U.S. \$16,531 per year. On the other hand if the prices of carbon credits are not very competitive currently, they strongly affect the viability of the project. An estimated CERs prices exceed U.S. \$15.00 dollars in the near future.

Photovoltaic technologies, monocrystalline silicon panels, are the most appropriate for the current market prices. However, it must consider the CIGS thin film flexible. The price difference between the two technologies installed kW, according to this study, is U.S. \$276.00. When analyzed different variants Alternative 6 INTEC facilities + Plot 1 + Plot 2 has a capacity of 4,544 t could capture CO₂ a year. The variant is more capacity (40 29 kW), however, the land 2 is not currently owned by INTEC. In case the institution will acquire the land; this might package or used for different purposes and include a photovoltaic

plant on the roof areas. But Alternative 5, Facilities INTEC + Plot 1 (Solar Parking "The Desert"), will be more convenient for installation taking as monocrystalline silicon technology. This is seen from the investment (\$5,484,787.00) and feasibility (IRR 14.3%, NPV \$498 and TR 462,677.24 years) In addition, the power generation of the PV array would be above the consumption. With an installed capacity of 2,164 kW would generate 3,641 kWh annually which exceeds consumption by more than 80%.

Keywords: Potential, INTEC, CDM, Kyoto Protocol, solar photovoltaic system, carbon credits, transfer of technology.

Introducción

El Mecanismo de Desarrollo Limpio le permite a los gobiernos de los países industrializados (anexo 1 del Protocolo de Kioto) y a las empresas suscribir acuerdos para cumplir metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). La finalidad es invertir en proyectos de reducción de emisiones en países que están en vías de desarrollo como una alternativa para adquirir reducciones certificadas de emisiones (RCE) a menores costos que en sus mercados. Existen mecanismos específicos para la Investigación y Desarrollo (I+D), para la Transferencia de Tecnología y Creación de Capacidades para hacer frente al cambio climático. Tener un proyecto prototipo con una fuente renovable, como lo es la solar fotovoltaica, permitiría al INTEC tener antecedentes tanto en la generación mediante una fuente limpia como en la inserción de créditos de carbono con respecto al Mecanismo de Desarrollo Limpio. La institución, con la experiencia adquirida, estaría en capacidad de colaborar con el país en el ámbito de la investigación y el desarrollo de proyectos públicos y privados.

Países como China realizan esfuerzos para introducir en los modelos de decisión las posibilidades que el mercado de carbono ofrece (Fang et al., 2013). República Dominicana no está fuera de dicha necesidad, por lo que se debe comenzar teniendo en cuenta las posibilidades que brindan pequeñas instituciones, con el fin de verificar las posibilidades a pequeña escala.

Resulta importante realizar un estudio donde se pueda saber cuál sería el potencial que tendría el INTEC para generar créditos de carbono a partir de la energía solar fotovoltaica. Con tal estudio se dispondría de una herramienta para determinar la dimensión del proyecto y sus posibles resultados. Dentro de los resultados también se encuentra la capacidad de generación anual del sistema fotovoltaico. Este dato arroja la idea de cuál sería la cobertura del consumo eléctrico, es decir, cuánto se ahorraría INTEC por dejar de consumir energía eléctrica de la distribuidora local.

El INTEC posee áreas, tanto de los edificios como de los parqueos, que pueden ser utilizadas para la generación de energía mediante fuente renovable como lo es la solar fotovoltaica y generar así la posibilidad de obtener créditos con el hecho de evitar la emisión de gases de efecto invernadero. De esta manera se lograría insertar en los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

Por tal razón, se entiende que debe realizarse un estudio con enfoque cuantitativo, con la finalidad de analizar y determinar el potencial que tendría la institución al considerar la tecnología solar fotovoltaica. Realizar este estudio permitiría conocer el procedimiento de inserción en los créditos de carbono, el monitoreo del sistema, el diseño, la instalación y puesta en marcha de la planta fotovoltaica, los aspectos y gestiones legales entre otros.

Por tal motivo se planteó como objetivo determinar el potencial de créditos de carbonos que se generarían en el INTEC, para ser considerados en la inserción del Mecanismo de Desarrollo Limpio, utilizando la tecnología solar fotovoltaica.

Desarrollo

En la Feria Mundial del Carbono (Barcelona, del 1 al 3 de junio de 2011) quedó definido el panorama global presente y futuro del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto de las Naciones Unidas, según el documento *State And Trends of The Carbon Market 2011*, elaborado por un colectivo de autores liderados por Nicholas Linacre, Alexandre Kossoy y Philippe Ambrosi del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial en Washington DC.

Dentro de las principales conclusiones plantean promover un continuo avance en el proceso de creación de una red mundial para combatir el cambio climático a pesar de las complejidades y utilizar los instrumentos basados en el mercado ya que pueden jugar un papel relevante en el logro de metas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las referidas conclusiones ratifican otras anteriormente extraídas de las Sesiones Plenarias I, II y III del Latin American and Caribbean Forum [realizada en Santo Domingo, 13 al 15 de octubre de 2010] (CDM, 2010).

Los industriales y los responsables políticos están bajo una creciente presión para promover las cadenas de suministro verde a través de la integración de fuentes de energía renovables (Sorda et al., 2010). Tanto los productores netos como los que establecen las políticas energéticas están interesados en un negocio ecológico. La integración de la tecnología fotovoltaica integrada en edificios (BIPV) es un innovador concepto de diseño para lograr edificios energéticamente sostenibles. En un edificio BIPV, (PV) paneles fotovoltaicos están integrados en la estructura del edificio con el fin de transformar la radiación solar incidente en energía limpia y ser utilizada en operaciones de la instalación. Esta opción depende del atractivo económico de los PV solares que a su vez,

depende de las políticas (incentivos, subsidios de primas) en vigor con respecto a la ubicación de las instalaciones, la eficiencia de los PVs instalados y la cantidad de la radiación solar incidente en la ubicación de la instalación (Abdallah et al., 2013).

En el ámbito nacional, hay que destacar que existe un fortalecimiento de la institucionalidad y el apoyo del Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio de la Presidencia de la República. Este apoyo busca desarrollar de proyectos en todas las áreas temáticas comprendidas en el MDL.

En el documento *Posición de País sobre el cambio climático, el camino a Copenhagen 2009*, elaborado por El Consejo Nacional para el Cambio Climático (CNCCMDL) de la República Dominicana, queda demostrada la intención de adhesión del país a los ejes establecidos (Ramírez Tejada, 2009). En dicho documento se reconoce la necesidad de una visión común a largo plazo; promover medidas globales de mitigación de las causas del cambio climático, reducción de emisiones por reducción de la deforestación y degradación de los bosques y REDD-Plus, valorar las posibilidades de adaptación a los efectos del cambio climático, buscar oportunidades para la transferencia de tecnología y creación de capacidades y promover nuevas inversiones (Green et al., 2011).

Los compromisos de mitigación por parte de los países en desarrollo pueden incluir acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMA's, por sus siglas en inglés) sobre la base de esfuerzos nacionales en el contexto del desarrollo sostenible con el apoyo tecnológico, creación de capacidades y la habilitación de fuentes de inversiones y financieras que puedan ser medibles, reportables y verificables. Los países en desarrollo que son considerados altos emisores deberán reportar en los NAMA's con mayor frecuencia, así como también deberán de realizar los inventarios de gases de efecto invernadero cada 2 años (NAMAS, 2009).

Las medidas de mitigación deberán estar en sinergia con las políticas de adaptación, de tal suerte que las medidas que puedan impactar negativamente un sector determinado no provoquen acciones en adaptación, por medio del aumento de la vulnerabilidad. Se entiende que, para lograr que las concentraciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, no sobrepasen el umbral que provoca interferencia en los ecosistemas (menor de 1.5° C), se requieren de acciones de mitigación rápida de Gases como N₂O, CH₄, CO₂, ya que los gases diferentes al dióxido de carbono (CO₂), como los HCFC y los HFC, tienen un poder de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) mayor y el tiempo de residencia de estos gases en la atmósfera es mayor.

La Evaluación de las Necesidades Tecnológicas (TNA's, por sus siglas en inglés) debe reflejar las necesidades de desarrollo, en escala adecuada, de las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA's) y de las Acciones Nacionales Apropriadas de Adaptación (NAPA's), así como considerar el desarrollo de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA's) en el ámbito regional a fin de vincularlas a los Centros de Innovación Tecnológica. Por otro lado evaluar las principales alternativas permitirá adoptar las mejores soluciones para cada caso que se analice, el estudio de las variantes comerciales del manejo de las emisiones es un aspecto a valorar antes de tomar decisiones al respecto (Asafu-Adjaye and Mahadevan, 2013).

El Fondo de Adaptación bajo el PK, debe de ser alimentado con el 2% del MDL y un porcentaje considerable de la Implementación Conjunta, el Comercio de Emisiones y el Fondo de Adaptación bajo la tutela de la Convención. El nivel de las contribuciones de los Países Desarrollados para las NAMA's de los países en desarrollo debería ser entre [0.5 - 1] % de su PIB anual entre otras fuentes. Estos fondos serán adicionales a los ya asignados por los Fondos Oficiales para el Desarrollo (ODA, por sus siglas en inglés) (NAMAS, 2009).

En este documento queda establecido como objetivo general la ejecución de proyectos de energía renovable, eficiencia energética, captura de metano y uso de combustibles más limpios en el marco de la Convención del Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, con el propósito de reducir y capturar gases de efecto invernadero. La primera prioridad del País en el tema es la ejecución de proyectos de energías renovables (CNCCMDL et al., 2010).

Enfoque metodológico

Los datos que se utilizan para los procedimientos y análisis de resultados son recolectados de estudios y mediciones documentadas así como de datos estadísticos facilitados por instituciones reconocidas en el ámbito científico. Informaciones de carácter general como planos de vista general, dimensiones y distribuciones de las áreas, también son utilizados.

Para este estudio se utilizaron varios datos específicos para realizar los procedimientos de cálculos y análisis, a saber:

- Datos estadísticos de Irradiación ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$) del sitio.
- Históricos de consumos eléctricos del INTEC.
- Medición de áreas (m^2) de las instalaciones.

Datos estadísticos de Irradiación

Los datos de irradiación permiten determinar la cantidad de energía que llega al plano horizontal en $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$. Estos datos fueron tomados del portal de la NASA en función de la latitud y longitud del sitio. (Véase: <http://eosweb.larc.nasa.gov>) (NASA, 2012). Esta data se basa en un histórico de 20 años.

Históricos de consumos eléctricos del INTEC

Los datos de consumo eléctrico fueron tomados de las estadísticas de INTEC, conformadas con los resultados de mediciones realizadas en los contadores de medición del INTEC. Tales datos fueron corroborados utilizando un analizador de redes FLUKE. Además, se cuenta con las facturas de consumo por parte de la distribuidora comercial (EDESUR) con la que se realizaron comparaciones de dicho histórico.

Medición de áreas (m²) de las instalaciones

Se utilizaron planos existentes y las facilidades del software Google Earth para medir y ubicar geográficamente las instalaciones. No obstante, se realizaron mediciones en campo, para corroborar tales medidas.

Procedimiento

La determinación de la magnitud de los créditos de carbono con los cuales contaría INTEC para insertarse en el mecanismo de desarrollo limpio, sirve para cuantificar la cantidad de toneladas de CO₂ que se pueden dejar de emitir con el uso de la tecnología fotovoltaica. Para ello se calculó la cantidad de MWh que podrían ser generados de acuerdo con la capacidad del sistema fotovoltaico propuesto y así evitar el consumo de su equivalente proveniente de combustibles fósiles.

El estudio se basa en determinar las áreas disponibles donde se podrían instalar los generadores fotovoltaicos y evaluar las opciones o combinaciones de las mismas. Para cada opción se calcula la capacidad del generador fotovoltaico en función de las tecnologías fotovoltaicas disponibles. En el cálculo se utilizan los datos de eficiencia de los módulos y su factor de instalación.

El orden de recopilación de datos y realización de los cálculos, así como la estrategia se presentan seguidamente:

- 1) Evaluación y determinación de las áreas disponibles para la generación fotovoltaica en m^2 .
- 2) Análisis de la demanda eléctrica en kW.
- 3) Posibilidad de generación eléctrica kWh/ m^2 /día a partir de tecnologías fotovoltaica.
- 4) Cálculo de los créditos de carbono.
- 5) Análisis de factibilidad de las inversiones necesarias para lograr la inserción en los mecanismos de desarrollo limpio.

Con las opciones definidas se calcula la generación anual de cada generador fotovoltaico. Se utilizan programas de simulación para realizar tal tarea. Los programas de simulación Homer y el RETScreen son los utilizados. El programa RETScreen es utilizado especialmente para el cálculo de las toneladas de CO₂/año.

Los datos estadísticos necesarios para realizar los cálculos con los programas son los datos de consumo eléctrico del INTEC y los datos de radiación promedio.

Finalmente, se realizó un análisis de factibilidad de cada opción. La factibilidad de las opciones se presenta en este estudio considerando para ello los indicadores: valor actual neto (VAN), la tasa interna de rendimiento (TIR) y el tiempo de retorno de capital (TR). Para el cálculo se utilizó el programa de simulación RETScreen y hojas de cálculo en excel diseñadas al efecto.

De inmediato se describen las herramientas y métodos utilizados así como los resultados de la evaluación de Áreas, análisis de capacidad kW, generación eléctrica, cálculo créditos de carbono y análisis de factibilidad.

Data radiación solar

Los datos a considerar para este estudio serán obtenidos mediante la base de datos de la NASA. La radiación solar promedio está disponible en los mapas solares que por lo general indican las tendencias de los valores. Por ejemplo, el mapa solar de la República Dominicana es buena referencia ya que los valores no cambian considerablemente, excepto, en las zonas montañosas. Para determinar los datos de radiación solar se buscaran para la latitud 18°29'14.94" (18.48°) N, longitud 69°57'56.79" (69.97°) O.

Irradiación en el plano horizontal

Tabla N.º 1
Irradiación media en el plano horizontal kWh/m²/día
(<http://eosweb.larc.nasa.gov>)

Lat 18.48 Lon -69.97	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
22-años	4.20	4.80	5.48	5.80	5.68	5.67	5.62	5.42	5.09	4.80	4.26	4.01	5.07

Los datos concernientes a las Horas de Sol, Irradiación en el Plano Inclinado, Índice de claridad, Albedo y Temperatura se encuentran en los anexos.

Consumo eléctrico MWh

Los datos que se presentan a continuación fueron obtenidos de mediciones directas en el recinto.

La siguiente tabla muestra los consumos mensuales:

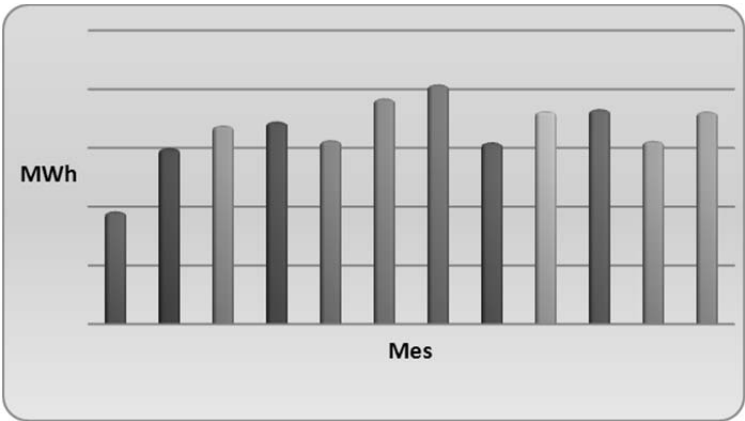
Potencial de inserción del INTEC en el mecanismo de desarrollo limpio del protocolo de Kioto mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico

Tabla N.º 1
Consumo anual del INTEC

Mes	Consumo MWh
Enero	96.2
Febrero	150.1
Marzo	169.3
Abril	172.7
Mayo	156.8
Junio	192.3
Julio	204.2
Agosto	155.0
Septiembre	181.5
Octubre	183.2
Noviembre	156.3
Diciembre	181.2

El consumo anual del INTEC es de **1,998 MWh al año.**

Figura N.º 1
Consumo mensual de energía



Es oportuno aclarar que las mediciones realizadas toman en cuenta los cortes energéticos de las distribuidoras, es decir, la energía generada por grupos electrógenos de emergencia, está incluida.

Medición y determinación de las áreas disponibles para la generación fotovoltaica (m²)

Esta sección presenta las mediciones realizadas a las diferentes áreas. Estos datos fueron obtenidos de acuerdo con mediciones realizadas en campo y las consultas de planos generales.

Las áreas que se consideran se muestran a continuación:

- 1) Instalaciones del INTEC
- 2) Instalaciones de la Oficina Nacional de la Propiedad Intelectual (ONAPI)
- 3) Escuela Fray Ramón Pané
- 4) Terreno 1
- 5) Terreno 2

Por Instalaciones del INTEC, se refiere a todas las edificaciones y áreas que están dentro del recinto universitario. La siguiente tabla muestra el detalle de áreas;

Tabla N.º 2
Evaluación y Potencial de Áreas

Descripción	Área bruta (m ²)	Área disponible (m ²)
Instalaciones del INTEC	15,144	8,223
ONAPI	595	595
Escuela Fray Ramón Pané	2,039	2,039
Terreno 1	8,023	8,023
Terreno 2	14,000	14,000

Estas áreas ofrecen ventajas ya que al estar dentro del recinto, facilitan la instalación y conexión del sistema fotovoltaico. Además, la seguridad física sería mayor una vez instalados los sistemas fotovoltaicos.

Por lo que puede apreciarse en la tabla N.º 3, las únicas áreas afectadas son las del INTEC. Esto quiere decir que no se dispondrá del área total medida. Las instalaciones restantes pueden utilizarse en su totalidad.

Discusión de los resultados

ANÁLISIS DE CAPACIDAD “kW”

Una forma sencilla de obtener las capacidades de los generadores fotovoltaicos para cada instalación, sería utilizar factores de utilización. Los mismos son obtenidos en función de una evaluación realizada en autoCAD con las áreas de los paneles y un área de referencia. El cálculo consiste en determinar qué cantidad de m² de paneles FV se pueden instalar por cada m² superficial. Para ello se utilizan los datos de eficiencia y área de cada panel los cuales son mostrados en la tabla N.º 4.

Tabla N.º 4
Eficiencias y Áreas Módulo Fotovoltaicos

No.	Tecnología	Eff	Área (m ²)	P (W)
1	Mono Cristalino	20.4%	1.63	333
2	CPV	22.7%	2.75	400
3	Película Fina [R]	13.1%	1.07	140
4	Película Fina [F]	12.6%	2.84	300

$$d = h \cdot \left(\cos \beta + \frac{\sin \beta}{\tan \alpha s} \right)$$

Donde:

- d = distancia entre paneles
- h = altura panel
- β = inclinación
- αs = altitud solar

Es de saber que para los paneles flexibles esta ecuación no aplica. Se aclara que para los paneles de concentración FV se considera la instalación en seguidores de dos ejes.

Tabla N.º 5
Relación Áreas Factor Utilización

No.	Tecnología	Área (m²)	Área FV (m²)	Factor
1	Mono Cristalino	110	72	0.65
2	CPV	1,517	340	0.22
3	Película Fina (Rígido)	110	74	0.67
4	Película Fina (Flexible)	110	74	0.67

Para hacer los cálculos de capacidad se utilizan los factores determinados para cada tecnología:

$$C_{kW} = \frac{P_p}{1000} \cdot \left(\frac{A \cdot F_a}{A_p} \right)$$

Donde:

- P_p = Potencia panel (W)
- A = Área de la instalación (m²)
- F_a = Factor
- A_p = Área del panel (m²)

La tabla N.º 6 muestra los valores de capacidad según el área. Para estos cálculos se utilizaron los factores de utilización mostrados en la tabla N.º 6 y las áreas mostradas en la tabla N.º 4. Como puede apreciarse en la tabla N.º 6, la tecnología con mayor capacidad es con paneles FV Monocristalinos. No obstante, como se verá seguidamente, no siempre esta tecnología será la más recomendable según el área.

Tabla N.º 6
Análisis de capacidad kW

Descripción	Mono Cristalino (kW)	CPV (kW)	P.F. ¹ [R] (kW)	P.F. ² [F] (kW)
Instalaciones del INTEC	1,095	269	722	583
ONAPI	79	19	52	42
Escuela Fray Ramón Pané	272	67	179	145
Terreno 1	1,069	262	705	569
Terreno 2	1,865	457	1,229	992

VARIANTES

Esta sección tiene como objetivo evaluar distintas opciones de las áreas definidas. Las variantes son combinaciones de las áreas propuestas. La finalidad es determinar cuál opción u opciones son las más convenientes para instalar una planta fotovoltaica en el INTEC.

¹ Panel fotovoltaico rígido de película fina.

² Panel fotovoltaico flexible de película fina

No.	Descripción
1	INTEC
2	INTEC + Escuela
3	INTEC + Escuela + ONAPI
4	INTEC + Terreno 1
5	Terreno 2
6	INTEC + Terreno 1 + Terreno 2

En función de la tabla N.º 7 análisis de capacidad, se realizan los cálculos de acuerdo a las variantes presentadas. Por cada variante se presenta la capacidad en kW en función de las tecnologías.

Tabla N.º 7
Capacidad Variantes según Tecnología

Variante	Descripción	Mono Cristalino kW	CPV kW	Película Fina [R] kW	Película Fina [F] kW
Variante 1	INTEC	1,095	269	722	583
Variante 2	INTEC + Escuela	1,367	335	901	728
Variante 3	INTEC + Escuela + ONAPI	1,446	355	953	770
Variante 4	Terreno 2	1,865	457	1,229	992
Variante 5	INTEC + Terreno 1	2,164	531	1,427	1,152
Variante 6	INTEC + Terreno 1 + Terreno 2	4,029	988	2,656	2,144

Al analizar la tabla N.º 7 puede apreciarse que las capacidades según la tecnología CPV están por debajo de las demás. No obstante, en algunas variantes como la 5 y 6, las capacidades son considerables. Es oportuno señalar que no se va a considerar la

tecnología CVP para el análisis de factibilidad. Esto se debe a que en la mayoría de las variantes, no serían técnicamente viables como consecuencia de la separación de los seguidores y su fijación a los techos existentes.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En esta sección se presentan los resultados de generación en función de las capacidades determinadas. Para realizar los cálculos de generación, se utiliza el programa llamado HOMER.

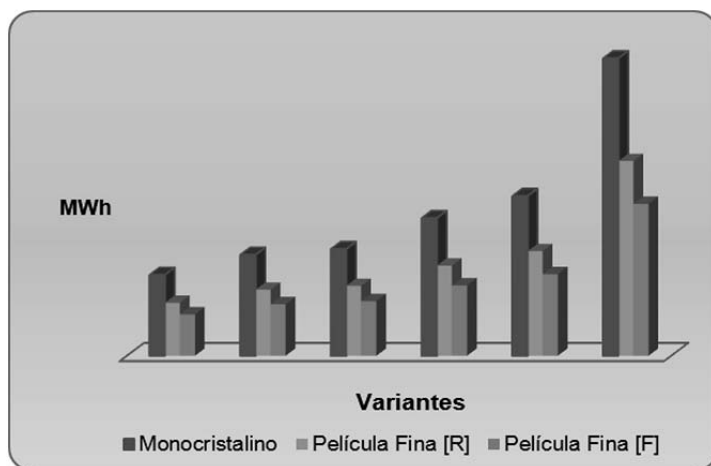
Para las simulaciones de irradiación mostradas anteriormente, se consideran los paneles al 80% de su capacidad durante el período de vida útil, no se consideraron pérdidas por sombras, la eficiencia del inversor considerada es del 96% y las pérdidas del sistema en general es del 2%.

De acuerdo a las variantes propuestas se tienen los siguientes resultados de generación anual por tecnología. Se aclara que la tecnología CPV no ha sido considerada en tales simulaciones.

Tabla N.º 8
Generación de energía eléctrica anual

Variantes	Monocristalino MWh	Película Fina [R] MWh	Película Fina [F] MWh
Variante 1	1,842	1,207	941
Variante 2	2,300	1,506	1,176
Variante 3	2,433	1,593	1,243
Variante 4	3,138	2,054	1,602
Variante 5	3,641	2,385	1,860
Variante 6	6,779	4,438	3,462

Figura N.º 2
Generación de energía eléctrica anual



La tabla N.º 8 muestra el resumen de generación anual. Cada tecnología fotovoltaica, presenta una capacidad de generación en MWh anuales. Como se puede apreciar, las capacidades con tecnología silicio monocristalino exceden el consumo del INTEC (1,998 MWh anual) con la excepción de la Variante 1.

La Variante 5, cuya combinación de áreas está compuesta por las instalaciones del INTEC y el Terreno 1 (parqueo el Desierto), presenta una generación que excede el consumo eléctrico del recinto universitario utilizando las tecnologías Silicio Monocristalino y Película Fina (paneles rígidos). Esta variante resulta la más conveniente para instalar un proyecto fotovoltaico. Estas instalaciones pertenecen al INTEC y su integridad física permite mayor seguridad en el sistema. En lo sucesivo los cálculos y análisis se realizarán con esta Variante.

Es de suma importancia conocer la compra y venta de energía a la red para fines de análisis de factibilidad. En este capítulo se concluye mostrando tales datos de acuerdo a las capacidades de la Variante 5.

Tabla N.º 9
Compra y venta de Energía: Variante 5

Tecnología	Capacidad kW	Compra Energía MWh	Venta Energía MWh	Excedente Energía MWh
Silicio Monocristalino	2,164	518	1,923	1,405
Película Fina [R]	1,427	613	904	291
Película Fina [F]	1,152	695	483	-213

CRÉDITOS DE CARBONO

En esta sección se determinan la cantidad de toneladas de CO₂ anuales que cada sistema dejaría de emitir en función de su capacidad de generación. Como se ha planteado en los Mecanismos de Desarrollo Limpio cada tonelada de CO₂ equivaldría al crédito de carbono (CER).

El siguiente cálculo se basa en utilizar un factor de conversión, esto es, cuántas toneladas de CO₂ se pueden dejar de emitir por cada kWh generado. Este factor es igual a 7.12×10^{-4} t CO₂ / kWh. (43)

Tabla N.º 10
Créditos de Carbono eGRID 2005

Variante	Monocristalino tCO₂/Año	Película Fina [R] tCO₂/Año	Película Fina [F] tCO₂/Año
Variante 1	1,282	840	655
Variante 2	1,601	1,048	818
Variante 3	1,693	1,108	865
Variante 4	2,184	1,429	1,115
Variante 5	2,534	1,660	1,295
Variante 6	4,719	3,089	2,410

Dado que este es un cálculo con un factor genérico, se calculan las cantidades de CREs utilizando la matriz de generación eléctrica del país. Para esto se utiliza el programa de simulación llamado RETScreen.

La tabla N.º 11 muestra los valores calculados según este criterio.

Tabla N.º 11
Créditos de Carbono RETScreen

Variantes	Monocristalino tCO₂/Año	Película Fina [R] tCO₂/Año	Película Fina [F] tCO₂/Año
Variante 1	1,235	809	631
Variante 2	1,542	1,009	788
Variante 3	1,631	1,067	833
Variante 4	2,103	1,376	1,074
Variante 5	2,440	1,598	1,247
Variante 6	4,544	2,975	2,320

Dado que la tabla N.º 11 muestra el resumen de los CREs, se presenta el detalle de los cálculos en los anexos.

De los datos presentados en las tablas 10 y 11, puede apreciarse que las diferencias entre los resultados no son considerables. Se está hablando de un 4% de diferencia que para el objeto de este estudio es aceptable, debido a que se han considerados pérdidas por transmisión en el segundo cálculo.

El cálculo basado en la matriz energética, sería más real para el estudio en cuestión. Por tal razón se entiende que los valores a considerar para insertar los créditos de carbono al mercado, serían los calculados con la tabla del RETScreen.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En esta sección se presentan los análisis de factibilidad de la Variante 5. No es objeto de este estudio realizar análisis de factibilidad por cada Variante. Lo que se busca esencialmente es saber qué nivel de factibilidad tendría un proyecto solar fotovoltaico con relación a la tecnología y la Variante a elegir. De acuerdo con este criterio se podrá obtener una idea general para las demás capacidades en función de un único análisis. Se presentarán los análisis de factibilidad de cada tecnología (sin incluir CPV) de acuerdo a la Variante 5.

Para realizar tales análisis se considerarán los indicadores de factibilidad tales como el valor actual neto “VAN”, tasa interna de retorno “TIR” y el tiempo de retorno de la inversión. No obstante, otros datos de interés se presentan como son los incentivos de la Ley 57/07, Precios de la Energía, Tasa de Escalonamiento de Combustible, Tasa de Inflación, Tasa de Descuento y la Tasa de Interés de la Deuda.

Se aclara, que estos análisis están realizados en base a los datos y consideraciones presentadas en el presente estudio.

INCENTIVOS DE LA LEY 57/07

Debido a que el país tiene una ley de incentivos a las energías renovables, se consideran tales incentivos en los análisis. Citando tales incentivos se muestran los siguientes artículos de la ley 57/07 en la tabla N.º 12. Para más detalles, consultar los anexos.

Es necesario aclarar que no se considera el incentivo que genera la deducción del hasta el 75% de la inversión. Esto se debe a que las universidades no pagan impuestos sobre la renta y por ende tal incentivo no aplica.

Tabla N.º 12
Incentivos de la Ley 57/07

No.	Incentivo	Artículo	Valor
1	Exoneración de impuestos para la importación	9	100%
2	Exoneración intereses por financiamientos externo	11	5%
3	Certificado o bonos por reducción de emisiones	14	-
4	Venta de excedente de energía	20/95	50%
5	Precio Venta de energía excedente	108	10.0c\$/kWh

PRECIOS DE LA ENERGÍA

Para realizar el aporte de divisas por concepto de ahorro de energía, se debe de saber qué tarifa tiene el recinto asignada por parte de la distribuidora. Más abajo se muestran los valores en dólares según la tabla tarifaria MTD-2.

Tabla N.º 13
Precios de la Energía Eléctrica

Descripción	Unidad	Valor
Cargo Fijo	-	US\$6.17
Energía	kWh	US\$0.190
Potencia Máxima	kW	US\$12.59

En el caso de la Tasa de Inflación, el valor se consideró el promedio del año 2010 igual al 4.2%, según el índice de precios al consumidor IPC 2010 (Banco Central Dominicano, 2010). La tasa de descuento abarca la tasa del riesgo país, tasa de inflación (país donde se considera la tasa de interés sin riesgo) y la tasa de interés sin riesgo. La Tasa de Riesgo se toma según documento “Country Default Spreads and Risk Premiums” la tasa de riesgo país es de un 6% a julio del 2011 (Damodaran, 2011). Para la

Tasa de Inflación es tomada del documento “The US Inflation Rate-2011”, el valor 0.25% que fue la tasa de inflación del 2011 en los Estados Unidos, ya que el presente proyecto se ha desarrollado en US\$ dólares. No obstante, se considerará una tasa de un 2.5% para los cálculos previendo incremento o variaciones en el período previsto (*TRADING ECONOMICS*, 2011).

Esta tasa de interés sin riesgos calculada en base a los Bonos del Tesoro Americano 4.79% (6 meses) en diciembre del 2011, más el porcentaje adicional exigido por el inversionista. Por lo anterior el inversionista estaría tranquilo en invertir en este tipo de proyecto con las tasas de riesgo e inflación propuestas (*PORTAFOLIO PERSONAL*, 2011).

Finalmente, la Tasa de Descuento del proyecto es de $(6.0 + 2.25 + 4.79) = 13.04\%$

Para el análisis de factibilidad se necesita el monto de la inversión por tal razón se presenta un presupuesto estimado de cada tecnología.

Los presupuestos incluyen los paneles fotovoltaicos, inversores, estructuras de montaje, cables, montaje e ingeniería. En la tabla N.º 14 se muestran los presupuestos según la capacidad y tecnología de la Variante 5.

Tabla N.º 14
Presupuestos

Tecnología	Capacidad kW	Presupuesto US\$	Precio US\$/kW
Silicio Monocristalino	2,164	\$5,484,787.84	\$2,534.56
Película Fina [R]	1,427	\$3,854,205.71	\$2,700.92
Película Fina [F]	1,152	\$2,601,694.08	\$2,258.42

Para considerar los créditos de carbono en el análisis se consultó la bolsa para fines de tener un precio unitario. El precio por CERs es de US\$7.38 para el día 28 de diciembre de 2011 *NASDAQ OMX* (*NASDAQ OMX*, 2011).

Variante 5:Instalaciones del INTEC + Terreno 1, Tecnología Silicio Monocristalino

En la tabla N.º 15 se resumen los datos de entrada considerados para el análisis de factibilidad de la variante planteada:

Tabla N.º 15
Datos de Entrada Análisis de
Factibilidad Variante 5:Tec Silicio MonoC

GENERAL		
Inversión Capital	\$5,484,787.84	US\$ Dollar
Período	25	Años
Tasa de Inflación	4.20%	%
Escalamiento Energía	2%	%
Tasa de Descuento	13.04%	%
Costo O&M	1%	%
Precio Energía	\$190.00	US\$/MWh
Precio CERs	7.38	US\$/CER

Tabla N.º 16
Resultados Variante 5:Tec Silicio MonoC

TIR (%)	14.3%
VAN	\$498,462.67
TR (Años)	7.24

Potencial de inserción del INTEC en el mecanismo de desarrollo limpio del protocolo de Kioto mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico

TECNOLOGÍA PELÍCULA FINA [R]

En la tabla N.º 17 se resumen los datos de entrada considerados para el análisis de factibilidad de la variante planteada:

Tabla N.º 17
Datos de Entrada Análisis de Factibilidad: Variante 5

GENERAL		
Inversión Capital	\$3,984,184.00	US\$ Dollar
Período	25	Años
Tasa de Inflación	4.20%	%
Escalamiento Energía	2%	%
Tasa de Descuento	13.04%	%
Costo O&M	1%	%
Precio Energía	\$190.00	US\$/MWh
Precio CERs	7.38	US\$/CER

Tabla N.º 18
Resultados Variante 5:Tec. Película F [R]

TIR (%)	12.8%
VAN	(\$71,599.39)
TR (Años)	8.05

El flujo de caja que se muestra es acumulado. Considera la inversión inicial y los flujos anuales durante el período planteado.

TECNOLOGÍA PELÍCULA FINA [F]

En la tabla N.º 19 se resumen los datos de entrada considerados para el análisis de factibilidad de la variante planteada:

Tabla N.º 19
Datos de Entrada Análisis de
Factibilidad Variante 5: Película F [F]

GENERAL		
Inversión Capital	\$2,601,699.84	US\$ Dollar
Período	25	Años
Tasa de Inflación	4.20%	%
Escalamiento Energía	2%	%
Tasa de Descuento	13.4%	%
Costo O & M	1%	%
Precio Energía	\$190.00	US\$/MWh
Precio CERs	7.38	US\$/CER

Tabla N.º 20
Resultados Variante 5: Tec. Película F [F]

TIR (%)	13.6%
VAN	\$112,094.01
TR (Años)	7.58

RESUMEN DE RESULTADOS

La tabla N.º 21 muestra el resumen de los análisis realizados a la Variante 5. Los valores de la Tasa Interna de Rendimiento, Valor Actual Neto y el Tiempo de Retorno son los indicadores de factibilidad presentados.

Tabla N.º 21
Análisis de Factibilidad: Resumen de Resultados

Tecnología	Inversión US\$	TIR (%)	VAN US\$	TR (Años)
Tecnología Silicio MonoC	\$5,484,787.84	14.3%	\$498,462.67	7.24
Tecnología Película Fina [R]	\$3,984,184.00	12.8%	(\$71,599.39)	8.05
Tecnología Película Fina [F]	\$2,601,699.84	13.6%	\$112,094.01	7.58

De estos resultados se resumen los siguientes puntos:

Con los precios actuales de la tecnología silicio monocristalino se pueden realizar proyectos fotovoltaicos con niveles de factibilidad aceptables. Debido a su alto rendimiento, produce más energía que las demás por unidad de m² utilizado.

Aunque no se considera un análisis de factibilidad con la tecnología silicio policristalino, se aclara que los precios actuales son también muy competitivos (por debajo US\$1.5). Por lo que, esta tecnología sería una alternativa a considerar al momento de tomar una decisión de inversión.

En este estudio se consideró la tecnología CIGS para los paneles de película fina tanto rígidos [R] como flexibles [F]. Como se pudo apreciar en los análisis los paneles flexibles son más factibles que los rígidos a nivel de inversión. Esto es debido a que estos no utilizan estructuras de montaje para la instalación en los techos. No obstante, se aclara que los paneles rígidos son más eficientes y producen más energía, por lo que, si al momento de realizar la inversión los precios de estructuras son menores, dicha tecnología sería factible.

La factibilidad se ve afectada mayormente por la sensibilidad de los precios de la energía y por la inversión. Los precios de la energía

se proyectan subir en el futuro y los precios de la tecnología tenderían a la baja. Este escenario aumentaría la factibilidad y haría que los proyectos fotovoltaicos sean mucho más atractivos.

Actualmente los precios de los créditos de carbono no son los más atractivos. Sin embargo, si la tendencia en un futuro es que aumenten de precios, el ingreso por su venta sería mayor. Como consecuencia aumentarían los porcentajes de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y los valores del Valor Actual Neto (VAN).

El tiempo de retorno de la inversión puede reducirse considerablemente en función de los precios de la inversión y la energía.

Las Sensibilidades de la Tasa Interna de Retorno y Valor actual Neto presentan los diferentes escenarios que podrían ocurrir variando los valores de la capacidad instalada (kW); el precio de la energía (US\$/MWh), costos de operación y mantenimiento (US\$/kWh), la Inversión (US\$/MWh) y los precios de los CERs (US\$/CER). Tales escenarios se crean al variar porcentualmente estos valores. En total se muestran seis escenarios diferentes por cada variable (IMEC, 2011).

De acuerdo con estos resultados, todas las variantes presentadas pueden ser tomadas en consideración para instalar una planta fotovoltaica. Esto dependerá de cómo se quiera realizar la inversión. Esto significa hacer el proyecto por etapas, con financiamiento o mediante programa de incentivos adicionales y/o donaciones.

Conclusiones

Con la instalación de un sistema solar fotovoltaico, el INTEC generaría ingresos anuales por la venta de créditos de carbono a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio. De acuerdo a la Variante 5 (Tecn. Silicio Mono C) tales ingresos serían de unos US\$16,531 dólares anuales.

Aunque los precios de los créditos de carbono CREs no son muy competitivos actualmente, los mismos influyen considerablemente en la viabilidad del proyecto. Se estima que los precios de los CREs sobrepasen los US\$15.00 dólares en un futuro cercano.

De las tecnologías fotovoltaicas, los paneles de silicio monocristalino, es la que más conviene por los precios actuales en el mercado. No obstante, debe considerarse la tecnología CIGS de película fina flexible. La diferencia de precios del kW instalado entre ambas tecnologías, según este estudio, es de US\$276.00 de dólares.

La Variante 6, Instalaciones del INTEC + Terreno 1 + Terreno 2, tiene una capacidad que podría capturar 4,544 t CO₂/año. Es la variante con mayor capacidad instalada (40 29kW), sin embargo, el Terreno 2 no es propiedad del INTEC actualmente. En caso de que la institución adquiera el terreno, este podría acondicionarse o utilizarse para fines diversos e incluir una planta fotovoltaica en las áreas de los techos.

La Variante 5, Instalaciones del INTEC + Terreno 1 (Solar Parqueo “El Desierto”), sería la más conveniente para realizar la instalación tomando como tecnología silicio monocristalino. Esto se considera a partir de la inversión (\$5,484,787.00) y su factibilidad (TIR 14.3%, VAN \$498,462.67 y TR 7.24 Años). Por tanto la generación eléctrica del generador fotovoltaico estaría por encima del consumo. Con una capacidad instalada de 2,164 kW se generarían 3,641 kWh anualmente lo cual excede el consumo en más del 80%.

Además se recomienda realizar procesos y/o gestiones tanto local como internacionalmente. Se sugiere que se realice un estudio de tales procesos para la colocación de los CERs en los mercados de carbono.

A través del Consejo Nacional para el Cambio Climático (CNCCMDL) de la República Dominicana existen mecanismos

específicos para la Investigación y Desarrollo (I+D), por lo que se recomienda realizar un acercamiento entre el INTEC y la CNCCMDL con el propósito de plantear la disponibilidad y enfoque de la institución para la Transferencia de Tecnología y Creación de Capacidades para hacer frente al cambio climático.

Referencias bibliográficas

- Abdallah, T., Diabat, A., & Rigter, J. (2013). Investigating the option of installing small scale PVs on facility rooftops in a green supply chain. *International Journal of Production Economics*, In Press, Corrected Proof.
- Asafu-Adjaye, J., & Mahadevan, R. (2013). Implications of CO₂ reduction policies for a high carbon emitting economy. *Energy Economics*, 38, 32-41.
- Banco Central Dominicano. (2010). *Banco Central de la República Dominicana. Precios IPC* [Online]. Santo Domingo.
- Centro Interuniversitario de Microelectrónica (IMEC). (2011). *Schott Solar, Total Photovoltec, GDF-SUEZ, Solland Solar, Kaneka y Dow Corning. Celda Silicio Interdigitada (IBC)* [Online]. Recuperado de <http://www.electroiq.com/articles/pvw/>.
- Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL); Oficina Nacional de Mecanismo de Desarrollo Limpio (ONMDL); Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). (2010). *Estudio para la promoción de proyectos MDL en la República Dominicana*. Santo Domingo: Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL), la Oficina Nacional de MDL (ONMDL) y la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA).

- DAMODARAN, A. (2011). *Country Default Spreads and Risk Premiums* [En línea]. Recuperado de www.pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html.
- Fang, G., Tian, L., Fu, M., & Sun, M. (2013). The Impacts of Carbon Tax on Energy Intensity and Economic Growth Adynamic Evolution Analysis on the Case of China. *Applied Energy*, 110, 17-28.
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., & Warta, W. (2011). *Solar cell efficiency tables (version 36)*, Research: Short Communication.
- Latin America and the Caribbean October (2010, 13-15 de octubre). *CDM in Latin America and the Caribbean Santo Domingo*. (Evento organizado por UNEP, URCCC, OLADE, IETA, UNCTAD, IDB, THE WORLD BANK (eds.) CDM in Latin America and the Caribbean Santo Domingo 2010. Santo Domingo, República Dominicana.
- NASDAQ OMX. (2011). *Trading Market Prices*. [Online]. Recuperado de www.nasdaqomxcommodities.com/trading/marketprices.
- Portafolio Personal. (2011). *Cotizaciones Tasa de Interés*. Recuperado de www.portfoliopersonal.com/Tasa_Interes/hTB_TIR.asp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2009). *NAMAs and the Carbon Market-Nationally Appropriate Mitigation Actions of Developing Countries* (Perspectives Series 2009). Schultz, Dinamarca: UNEP, RISO CENTRE.
- Ramírez Tejada, O. (2009). Posición de país sobre el Cambio Climático, el camino a Copenhagen (Documento). Santo Domingo: National Council on Climate Change and Clean Developing Mechanism.
- Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, 38, 6977-6988.

Cándido Quintana

Es ingeniero Termoenergético, Dr. en Ciencias Técnicas y profesor titular de la Universidad Central de las Villas, Cuba. Tiene estudios de postgrado por el Instituto Politécnico de San Petersburgo, Rusia. Ha cursado estudios posdoctorales en la Universidad Politécnica de Cataluña, España, y en la Universidad de Ghent, Bélgica. Ha sido consultor del Imperial College of London University para proyectos de energía y medio ambiente. Ha laborado como representante por Cuba en varios proyectos internacionales. Actualmente labora como profesor-investigador del Área de Ciencias Básicas y Ambientales del INTEC. Fue líder científico del proyecto “Potencial de inserción del INTEC en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto”.

Email: candido.quintana@intec.edu.do

José Santana

Es economista egresado de la Universidad de Costa Rica. Master en Ciencias e Investigador Asociado del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) de los Estados Unidos. Organizador principal de la competencia científica nacional “Mi viaje a NASA”. Se desempeña en la actualidad como embajador –presidente de la Comisión Internacional Asesora de Ciencia y Tecnología de la República Dominicana.

Email: santana@mit.edu

Máximo Campusano

Es máster Físico-Matemático egresado de la Universidad de Patricio Lumumba, Rusia. Ha laborado como profesor en diferentes universidades de la República Dominicana. Fue coordinador del proyecto de investigación “Potencial de inserción del INTEC en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto”. Ha sido coordinador de la sub-área de Física del Área de Ciencias Básicas y Ambientales y en la actualidad se desempeña en igual cargo en la sub-área de Matemáticas en el INTEC.

Email: maximo.campusano@intec.edu.do

Arsenio Álvarez

Es ingeniero eléctrico egresado del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC). Graduado de la maestría en tecnologías de Energías Renovables de INTEC. Realizó su trabajo de tesis en el marco del proyecto “Potencial de inserción del INTEC en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto”. En la actualidad se desempeña como Profesor del Instituto para la Formación Técnica y Profesional (INFOTEP) en temas relacionados con de energía y medio ambiente. Además es representante de firmas europeas relacionadas con las protecciones eléctricas en la República Dominicana.

Luis Guillermo Manzanillo

Es ingeniero mecánico egresado de Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC); cursa una maestría en Tecnologías de Energías Renovables en INTEC, actualmente es el encargado del Laboratorio de Eficiencia Energética del INTEC y se desempeña como consultor en el área de energía renovable.

Email: luis.guillermo@intec.edu.do

Víctor Ocaña

Es ingeniero mecanizador agropecuario, Dr. en Ciencias Técnicas y profesor titular de la Universidad Central de Las Villas, Cuba. Ha cursado estudios de postgrado en la Universidad de Ghent, Bélgica. Se desempeña como subdirector del Departamento de Energía de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UCLV, Cuba. En la actualidad es profesor invitado del INTEC para la maestría en Tecnologías de Energías Renovables.

Email: victors@uclv.edu.cu

Recibido: 17/05/2013

Aprobado: 10/07/2013