

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



I TALLER INTERNACIONAL
HÁBITAT Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

“Potencialidades de generación de energía eléctrica fotovoltaica en la base de apoyo de ETECSA – Granma.”

“Potentials of photovoltaic electric power generation in ETECSA's base of support – Granma. ”

Nombre y Apellidos	Institución	País	Email
Ing. Civil. Elvia Teresa Castro Figueredo	ETECSA	Cuba	elvia.castro@etecsa.cu
Ing. Aut. Luis Enrique Delgado Mirabent	COPEXTEL		ldelgado@gtmo.copextel.com.cu
Ing. Elect. Irvin Luis Ochoa Jiménez	ETECSA		irvin.ochoa@etecsa.cu
Msc.Ing. Elect. Juan Francisco Verdecía Cutiño			juanf.verdecia@etecsa.cu

Resumen:

Durante el proceso revolucionario, la idea de la sostenibilidad se ha reforzado, ya que se ha adquirido mayor conciencia y nuevas habilidades para emplear de modo racional los recursos. Como parte de la política de desarrollo de las fuentes de energías renovables y la eficiencia energética, Cuba se propone generar en el 2030 un 24 % de su energía eléctrica a partir de fuentes limpias renovables; debido a esto surge esta investigación que tiene como objetivo mostrar las potencialidades que existen en las cubiertas de la Base de Apoyo de ETECSA en la provincia Granma para la generación de energía eléctrica a partir del uso de paneles fotovoltaicos. Partiendo del análisis de las áreas techadas de la Base de Apoyo de ETECSA – Granma, se seleccionaron 5 cubiertas rígidas que poseen las características para la colocación de módulos fotovoltaicos; en las que se lograron distribuir 524 módulos DSM-25, los que representaran un ahorro para la empresa de 40 584.00 cuc al año, valor que se traduce en una disminución del consumo de combustible

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



fósil de 68,23 ton x año, dejándose de emitir al medio ambiente 12.93 m³ x h de gases contaminantes. Concluye que en la Base de Apoyo de ETECSA – Granma se está desaprovechando las potencialidades que poseen las cubiertas rígidas existentes para la generación de energía eléctrica a partir de la utilización de paneles fotovoltaicos.

Abstract:

During the revolutionary process, the idea of sustainability has been reinforced, as more awareness and new skills have been acquired to use resources rationally. As part of the policy of developing renewable energy sources and energy efficiency, Cuba intends to generate 24% of its electric power from renewable clean sources by 2030; This is the reason why this research is aimed at showing the potential that exists in the roofs of the ETECSA Support Base in the province of Granma for the generation of electric power from the use of photovoltaic panels. Based on the analysis of the roof areas of the ETECSA - Granma Support Base, 5 rigid roofs were selected that have the characteristics for the placement of photovoltaic modules; in which 524 DSM-25 modules were distributed, which represent a saving for the company of 40 584.00 cuc per year, a value that translates into a decrease in fossil fuel consumption of 68.23 ton x year, stopping issuing to the environment 12.93 m³ x h of polluting gases. It concludes that the ETECSA - Granma Support Base is missing the potential of the existing rigid covers for the generation of electric power from the use of photovoltaic panels.

Palabras Clave:

APROVECHAMIENTO DE CUBIERTAS; GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES FOTOVOLTAICOS; PANELES SOLARES EN CUBIERTAS.

Keywords:

EXPLOITATION OF COVERINGS; GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY WITH PHOTOVOLTAIC PANELS; SOLAR PANELS IN COVERINGS.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



1. Introducción

La protección del medio ambiental ha sido uno de los principales objetivos de la humanidad en los últimos años, para ello se han realizado variadas y complejas tareas para lograr identificar las causas y los efectos de los problemas ambientales, y poder así trazar estrategias que permitan frenar la acelerada e irracional explotación de los recursos naturales.

Los principales problemas ambientales a los que hoy se enfrenta Cuba, tienen su origen en gran medida en las formas inapropiadas en que, por varios siglos, fueron explotados sus recursos naturales, las limitaciones e insuficiencias con que enfrentó el proceso de industrialización, la inadecuada producción agrícola y pecuaria y sus impactos ocasionados al medio ambiente. Sin embargo, durante el proceso revolucionario, la idea de la sostenibilidad se ha reforzado, ya que se ha adquirido mayor conciencia y nuevas habilidades para emplear de modo racional los recursos. La búsqueda de mayor eficiencia en los procesos productivos, el desarrollo de la educación y la divulgación en pos de una mayor conciencia ambiental, el trabajo en la búsqueda de fuentes alternativas de energía, el empleo de productos biológicos en la agricultura, son sólo algunas muestras de la conciliación de las necesidades del desarrollo con los requerimientos de la sostenibilidad en las actuales circunstancias.

El discurso pronunciado por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz en la Conferencia de Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, en el que expresa: “Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre... Han envenenado los mares y ríos, han contaminado el aire, han debilitado y perforado la capa de ozono, han saturado la atmósfera de gases que alteran las condiciones climáticas con efectos catastróficos que ya empezamos a padecer... Hágase más racional la vida humana. Aplíquese un orden económico internacional justo. Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido sin contaminación. Páguese la deuda ecológica y no la deuda externa. Desaparezca el hambre y no el hombre...” marcó un hito en el pensamiento medioambiental cubano. Hoy, inspirado en el pensamiento del líder de la Revolución Cubana, surge en nuestro país la Tarea Vida: Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, aprobada en el Consejo de Ministros el 25 de abril de 2017, conformado por 5 acciones estratégicas y 11 tareas, que se enfocan en identificar y acometer acciones a corto (año 2020), mediano (2030), largo (2050) y muy largo plazos (2100).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Como parte de la política de desarrollo de las fuentes de energía renovables y la eficiencia energética, Cuba se propone generar en el 2030 un 24 % de su energía eléctrica a partir de fuentes limpias renovables, ahorrando más de un millón 300 000 toneladas de combustible fósil equivalentes a 780 millones de dólares al año.

A partir de que el país está promoviendo una revolución renovable para producir energía menos contaminante es que surge esta investigación que tiene como **objetivo** mostrar las potencialidades que existen en las cubiertas de la Base de Apoyo de ETECSA de la provincia Granma para la generación de energía eléctrica a partir del uso de paneles fotovoltaicos.

Problema de la investigación: El desconocimiento de las potencialidades que existen en las cubiertas de la Base de Apoyo de ETECSA de la provincia Granma para la generación de energía eléctrica a partir del uso de paneles fotovoltaicos.

Campo de acción: La generación de energía eléctrica a partir del uso de paneles fotovoltaicos en las cubiertas de la Base de Apoyo de ETECSA en la provincia Granma.

En el territorio nacional se recibe cada día una radiación solar equivalente a la energía que pueden producir cincuenta millones de toneladas de petróleo, o sea, la radiación solar que recibe Cuba, en un solo día, es mayor, en su valor energético, que todo el petróleo que consume durante cinco años. Dicho de otra forma: Cuba recibe 1800 veces más energía solar, que la del petróleo que consume. La radiación solar varía muy poco de un lugar a otro del territorio y de un mes a otro del año, teniendo un valor promedio de 5 kWh por metro cuadrado al día. (Pérez, 2016)

Si la sociedad cubana fuera capaz de aprovechar esta energía, sería posible convertir los hospitales, las oficinas, los comercios, las industrias locales y otras áreas de servicios, en puntos de energía positiva, lo que significa que se generaría más energía que la que se consumiría, con lo que se lograría una reducción gradual del consumo de recursos agotables, así como de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

2. Metodología

Para realizar el estudio se analizaron las áreas techadas de la Base de Apoyo de ETECSA en la provincia de Granma, ubicada en Carretera Central vía Santiago de Cuba km 2 ½, que presentan condiciones estructurales adecuadas para la colocación de los paneles fotovoltaicos.

Entre los aspectos que se tuvieron en cuenta para el análisis de las mismas se encuentran:

1. Que la estructura de la edificación soporte las cargas que implican la instalación del SFV (sistema fotovoltaico).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



2. Las buenas condiciones estructurales de las cubiertas y la perspectiva en esa categoría por al menos 20 años.
3. La posibilidad de acceso permanente a la cubierta.
4. La existencia y calidad de la impermeabilización de los techos, con el objetivo de garantizar la estanqueidad.

Para la determinación de las superficies de las cubiertas disponibles se utilizó cinta métrica y con apoyo del software AUTOCAD versión 2015 se distribuyeron los paneles solares según las especificaciones del productor, entre las que se encuentra: Que los módulos fotovoltaicos deben tener orientación Sur y el diseño de la cubierta debe permitir la instalación de los mismos. Se tuvo en cuenta que no sean afectados por formas irregulares, obstáculos o varios niveles en la cubierta, ni por edificaciones cercanas que tengan la altura y cercanía como para generar sombreado sobre la cubierta u otro efecto de sombreado.

Los módulos fotovoltaicos que se consideraron para realizar el estudio son los DSM-250. La generación de energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico se calculó a partir de la fórmula $\#P = \frac{(wh/días)}{(Pp)*(Hs)} * coef$ (Sera, 2000) donde:

P: Cálculo del número de Paneles

Pp: Potencia del Panel

Hs: Horas de Sol al día

Coef: Coeficiente de pérdidas por radiación

Para la determinación del ahora de energía eléctrica se comparó el consumo del año 2017 de la Base de Apoyo de ETECSA- Granma con la generación de energía eléctrica de los paneles fotovoltaicos concebidos.

Para la determinación de las valoraciones económicas se analizó los costos unitarios de los paneles y del servicio de instalación y montaje los mismos.

El ahorro de combustible y la determinación de los gases contaminantes se obtuvieron por las fórmulas del libro ‘Metodología de cálculo del volumen de gases contaminantes que se dejan de enviar a la atmósfera por disminución de pérdidas en la distribución

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



secundaria. '' (edición digital, 2006) del Profesor Titular de la Universidad de Oriente
Alberto Peláez González

Fórmulas para determinar el Ahorro de combustible.

$$\mathbf{Ahorro\ C. = Cons.\ E.*\ \Delta Ahorro}$$

Donde:

Ahorro C: Ahorro de combustible.

Cons. E: Consumo Especifico.

Δ Ahorro: Ahorro total de energía.

Fórmulas para determinar el volumen de gases contaminantes dejados de emitir al medio ambiente.

$$\mathbf{V_{RG} = V_{GC}.*\ \Delta Ahorro\ C.}$$

Donde:

VRG: Volumen real de gases a emitir.

VGC: Volumen de gases emitidos por las chimeneas de RENTÉ.

Δ Ahorro C: Ahorro total de combustible.

3. Resultados y discusión

La determinación de la superficie disponible en la Base de Apoyo de ETECSA- Granma para la instalación del Sistema Fotovoltaico comprendió un total de 9 edificaciones, solo se analizaron las que tienen cubiertas rígidas, seleccionándose atendiendo a sus características 5. Se determinó una superficie total aprovechable de 1612.51 m², que

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



representa el 88.03 % de la superficie disponible. En la Figura 1 se muestran con áreas sombreadas las edificaciones seleccionadas.

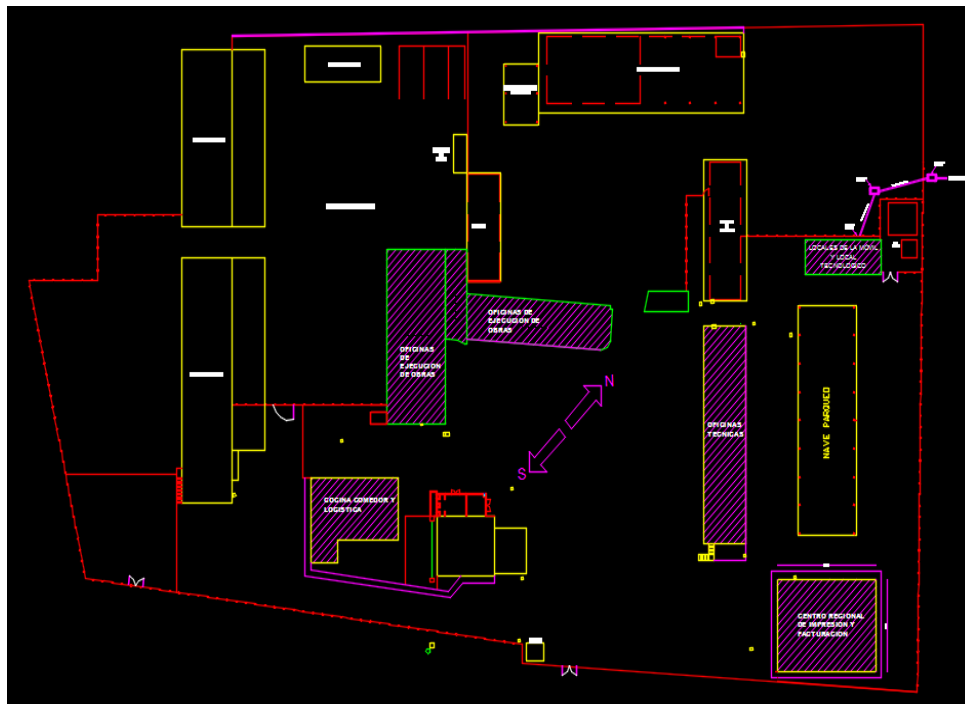


Figura1. Edificaciones seleccionadas para la colocación de los paneles fotovoltaicos en Base de Apoyo d ETECSA-Granma. Fuente: elaboración propia.

En las superficies seleccionadas se distribuyeron 524 módulo fotovoltaico DSM–250 que está compuesto por 60 celdas solares del formato 156 mm x156 mm, conectadas en serie.¹ Figura 2.

¹ Ficha técnica de DSM-250. NUMEN SOLAR, Zona Industrial Hermanos Cruz.

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

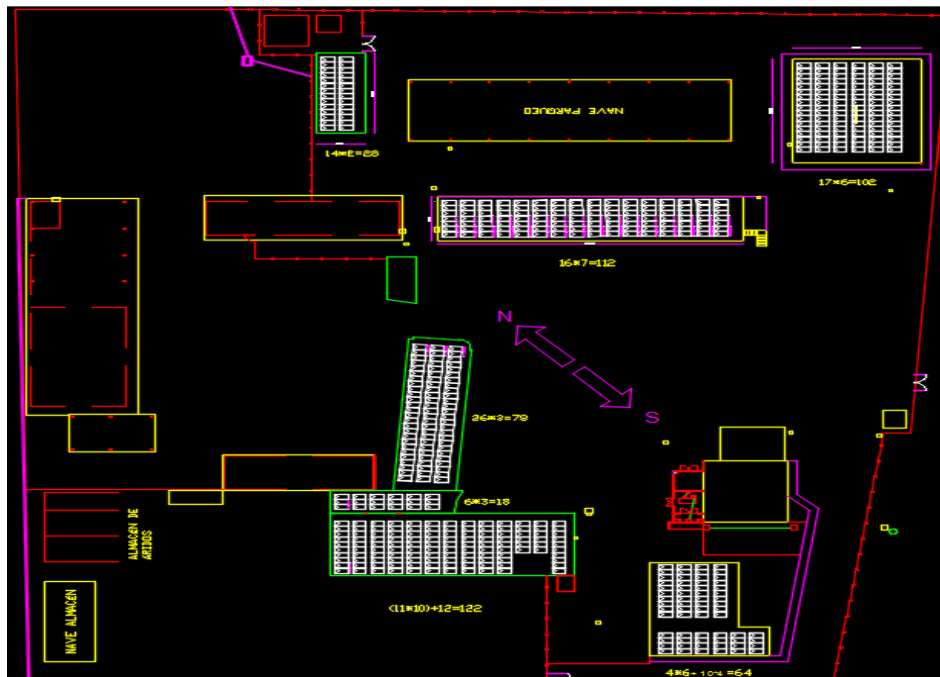


Figura 2. Distribución de módulo fotovoltaico DSM–250 en superficies seleccionadas en Base de Apoyo de ETECSA - Granma. Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se muestra las especificaciones y características del módulo fotovoltaico DSM–250, según la ficha técnica del productor.

Especificaciones		
Celda	Celda Solar de silicio Multicristalino 156 X 156 mm	
No. De celdas y conexiones	60 (6X10)	
Dimensiones del módulo	1650 mm X 990 mm X 40 mm	
Cubierta frontal	Vidrio Templado con capa anti reflexiva	
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado	
Peso	20 Kg	
Características eléctricas		
Modelo	DSM-250	
Voltaje a circuito abierto (Voc) [V]	37,7	
Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmp) [V]	30,5	
Corriente de corto circuito (Isc) [A]	8,55	
Corriente en el punto de máxima potencia (Imp) [A]	8,19	
Potencia máxima a STC (Pm) [Wp]	250	
Tolerancia, [%]	±3	
STC: 1000 W/m ² , 25°C, AM 1,5		
Límites		
Temperatura de operación	-40 a +85°C	
Voltaje máximo del sistema	1000 VDC	
Valor Máximo del fusible de la serie	15A	
Parámetros de las características térmicas		
NOCT	[°C]	45
Coefficiente de temperatura (Isc)	[%/°C]	0.065
Coefficiente de temperatura (Voc)	[%/°C]	-0.34
Coefficiente de temperatura (Pmp)	[%/°C]	-0.43

Figura 3. Especificaciones y características de los módulos fotovoltaicos DSM–250.²

² Ficha técnica de DSM-250. NUMEN SOLAR, Zona Industrial Hermanos Cruz.

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

En la tabla 1 se muestra la generación de energía eléctrica del módulo fotovoltaico DSM–250 distribuidos en las superficies seleccionadas en la Base de Apoyo de ETECSA-Granma.

Tabla 1. Generación de corriente de módulos fotovoltaicos distribuidos. Fuente: elaboración propia.

Energía generada en un día. (kWh/día)	Energía generada en 30 días. (Mwh x mes)	Energía generada en 12 meses. (Mwh x año)
655	19.65	235.80

En la tabla 2 se muestra el consumo promedio de eléctrico de la Base de Apoyo de ETECSA- Granma y costo promedio en el año 2017.

Tabla 2. Consumo promedio de corriente eléctrica de la Base de Apoyo de ETECSA- Granma y costo promedio en el año 2017. Fuente: elaboración propia.

Consumo Promedio diaria. (kwh)	Consumo Promedio mensual. (Mwh)	Costo Promedio mensual. (cuc)
744.45	22,64	3896.74

Se determinó el consumo actual de los equipos de clima, que son uno de los mayores consumidores de energía eléctrica de la empresa, valor que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Consumo actual de los equipos de clima de la Base de Apoyo de ETECSA- Granma. Fuente: elaboración propia.

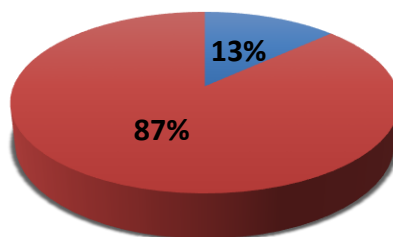
Consumo diario (kwh)	Consumo en 30 días. (Mwh)
135.47	4.06

3.1. Valoración económica.

El grafico 1 muestra el porcentaje de ahorro mensual que representa la generación de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos DSM–250, con respecto al consumo de la Base de Apoyo de ETECSA en el año 2017.

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



- Consumo de energía eléctrica de la red nacional.
- Consumo de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos DSM-250.

Gráfico 1. Ahorro mensual de energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 2 se muestra ahorro mensual en pesos convertibles (cuc) que representa la generación de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos DSM-250, con respecto al consumo de la Base de Apoyo de ETECSA en el año 2017.

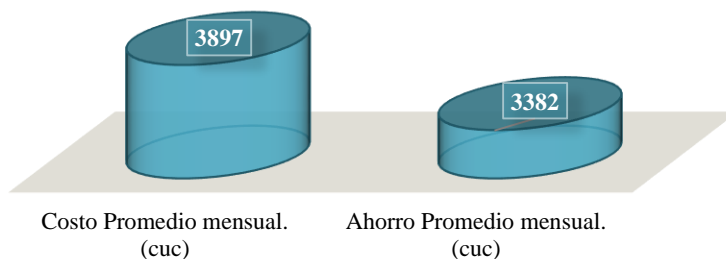


Gráfico 2. Ahorro promedio mensual de moneda Convertible (cuc). Fuente: elaboración propia.

El ahorro monetario anual sería de **40 584.00 cuc**.

En la tabla 4 se muestra el valor de combustible que se dejara de consumir con el ahorro de energía eléctrica que representa la utilización de los módulos fotovoltaicos DSM-250 en la Base de Apoyo de ETECSA- Granma.

Tabla 4 Ahorro de combustible (Crudo Cubano) al año. Fuente: elaboración propia.

Ahorro C. al año. (ton x año)
68,23

En la tabla 5 se muestra el volumen de gases contaminantes que se dejaran de emitir al medio ambiente con el ahorro de combustible.

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

Tabla 5 Volumen de gases contaminantes que se dejaran de emitir al medio ambiente. Fuente: elaboración propia.

Volumen de gases contaminantes (m ³ x h)
12.93

Comparando los valores de la tabla 1 con los de la tabla 3 se puede apreciar que la generación de energía de los módulos fotovoltaicos es muy superior al consumo de los equipos de clima por lo que se podrán cubrir dicho consumo. Valores que se muestran en el Grafico 3.

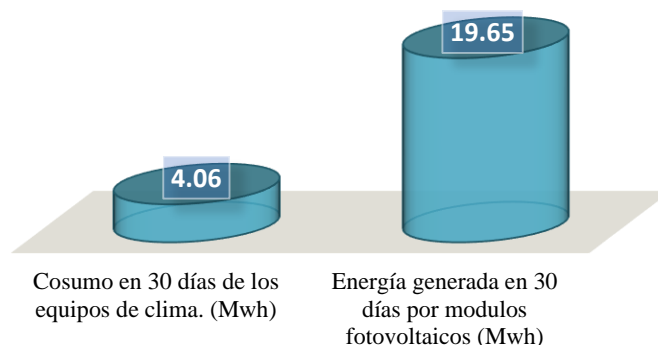


Grafico 3. Consumo de equipos de clima y generación de módulos fotovoltaicos. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra un aproximado de los costos de la inversión, obtenidos del análisis de una oferta de la empresa COPEXTEL.

Tabla 6. Costos de la inversión. Fuente: elaboración propia.

Costos	cuc	cup
Materiales	262899.65	145264.26
Proyecto	8181.85	30779.33
Servicio de montaje	17366.49	71774
Precio unitario de Paneles	200.95	79.58
Precio total de 524 Paneles	105297.8	41699.92
Total de la Inversión	288447.99	247818.21

La inversión será recuperada en 7 años.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

4. Conclusiones

Las cubiertas de la Base de Apoyo de ETECSA en la provincia Granma poseen las condiciones necesarias para las colocaciones de 524 módulos fotovoltaicos DSM-250 para la generación de corriente eléctrica, lo que generaría un ahorro a la empresa de 40 584.00 cuc al año, valor que se traduce en una disminución del consumo de combustible fósil de 68,23 ton x año lo que dejaría de emitir al medio ambiente 12.93 m³ x h de gases contaminantes. Por lo que se concluye que en la Base de Apoyo de ETECSA – Granma se está desaprovechando las potencialidades de las cubiertas rígidas existentes para la generación de energía eléctrica a partir de la utilización de paneles fotovoltaicos.

Recomendaciones.

1. Solicitar a las entidades especializadas en el tema (COPEXTEL y CUBASOLAR) estudio de factibilidad para la colocación de módulos foto voltaica en las cubiertas analizadas.
2. Contratar, revisar y valorar ofertas de las entidades encargadas del diseño y montajes de los módulos fotovoltaicos. (COPEXTEL y CUBASOLAR) para la colocación en cubiertas.
3. Valorar la posibilidad de realizar inversiones en el año 2019 para colocar módulos fotovoltaicos en cubierta de edificaciones de ETECSA que reúnan las condiciones.

5. Referencias bibliográficas.

- Gonzalez, I. A. (2006). Metodología de cálculo del volumen de gases contaminantes que se dejan de enviar a la atmósfera por disminución de pérdidas en la distribución secundaria. Santiago de Cuba , Cuba .
- Pérez, L. B. (Julio – Septiembre de 2016). La política energética cubana en el camino del desarrollo sostenible. *Revista Energía y tú. Cuba Solar*(No 75), 6-13.
- Sera, A. S. (2000). Energía solar fotovoltaica. Temas seleccionados. Santiago de Cuba, Cuba.
- Villavicencio, M. G. (Enero - Marzo de 2017). Procedimiento para instalación de un sistema fotovoltaico sobre techos en la corporación CUBA RON S.A. *Centro Azúcar*(No 44).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu