

Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe colombiana

Commercial and Technical Diagnosis of Photovoltaic sector at Colombian Caribbean region

Ernesto Fidel Cantillo-Guerrero¹, Fernando Conde-Danies¹

*¹Magister en Mercadeo, Profesor de Tiempo Completo,
Universidad Autónoma del Caribe, Grupo Mokaná, ecantillo@uac.edu.co, fconde@uac.edu.co*

Recibido 15/04/11, Aceptado 30/11/2011

RESUMEN

El presente artículo describe la situación actual de la demanda y oferta de energía solar fotovoltaica en la región caribe colombiana, zona que reúne las mejores condiciones para el crecimiento de esta industria. Utilizando las metodologías de revisión bibliográfica y el análisis de caso, se plantea conceptos fundamentales de la industria, y análisis de las tendencias técnicas y de mercado que se han presentado desde inicios del siglo XXI. Se adiciona a su vez, cual es el rendimiento eléctrico de los módulos solares fotovoltaicos más ofertados en la región Caribe colombiana las empresas del sector, utilizando las fórmulas de dimensionamiento solar que manejan las empresas pioneras del sector fotovoltaico en Colombia.

Palabras clave: Fotovoltaico, batería, controlador solar, inversor, diagnostico,

ABSTRACT

This paper describes the analysis of demand and supply of photovoltaic energy in the Colombian Caribbean region, land that has the best conditions for growth of this industry. Using the methods of literature review and case study, it raises fundamental concepts of the industry and analysis of technical and market trends that have occurred during the first decade of the century. Turn is added, which is the electrical performance of photovoltaic modules offered more companies in the sector, using the sizing formulas that handle solar PV industry pioneering companies in Colombia.

Keyword: Photovoltaic, batteries, PV regulator, power inverter, diagnosis

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología solar fotovoltaica tuvo su inicio en 1954, cuando investigadores de los laboratorios Bell de los Estados Unidos desarrollaron la primera celda solar de estado sólido usando silicio cristalino como material fotovoltaico [1]. La energía solar fue usada inicialmente en los programas espaciales, y a partir de la década de los 70 comenzaron los programas encaminados al desarrollo de nuevos materiales fotovoltaicos con el propósito de fabricar módulos solares fotovoltaicos para uso terrestre [2]. Colombia posee pocos datos sobre el tamaño de la industria solar fotovoltaica. El estudio más completo que se posee es el censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia, elaborado por el desaparecido Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas – INEA, para el año 1996, documento en el que se realiza un diagnóstico de la industria en Colombia entre los años 80 y 90, resaltando como con el paso del tiempo la tecnología de los módulos solares fotovoltaicos mejoró su eficiencia energética; el documento también resalta datos sobre la demanda y oferta en el sector fotovoltaico colombiano, destacando como principales segmentos de mercado el sector de las telecomunicaciones (soluciones solares en zonas remotas) y la electrificación rural. La generación fotovoltaica en Colombia siempre se ha enfocado en el campo, debido a que los altos costos de generación originados principalmente en los costos de combustibles, y los costos de operación y mantenimiento en las distintas zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable [3]. De ejemplo se pueden citar los distintos procesos contractuales estatales que durante los 30 años de esta industria en Colombia, se han promovido a través de los distintos entes nacionales y territoriales, como son el sector defensa y las gobernaciones, información que se encuentra disponible con solo revisar el portal web en el que se publican la gran mayoría de los procesos estatales, conocido como el portal único de contratación [4].

A pesar de que el país posee una estructura legal que desde el año 2001 fomenta el uso de fuentes alternativas de energía (ley 697 del 2001), las inversiones han sido ínfimas, comparadas con la tendencia mundial en los países desarrollados y emergentes que reflejan los informes de la asociación de fabricantes de la industria solar fotovoltaica europea – EPIA.

El objetivo general de este artículo es describir el estado actual de la oferta y demanda de sistemas solares fotovoltaicos en La región Caribe colombiana, derivándose los siguientes objetivos específicos: i) Describir los conceptos teóricos fundamentales sobre energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones, ii) Elaborar el estado actual de entorno socioeconómico y demanda de la energía solar fotovoltaica

en la región Caribe Colombiana, y iii) Describir la oferta tecnológica solar fotovoltaica de las empresas de la región Caribe Colombiana. La metodología utilizada es la revisión bibliográfica en libros, revistas científicas e informes técnicos de agencias especializadas.

2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y SUS APLICACIONES

La energía solar fotovoltaica permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares [5]. La generación de energía solar fotovoltaica se da gracias al conjunto de equipos conocido en el mercado colombiano como el sistema solar fotovoltaico o instalaciones fotovoltaicas, los cuales pueden agruparse en tres grandes tipologías según los componentes, la configuración y la forma de conexión a la red eléctrica: 1) sistemas fotovoltaicos autónomos, 2) sistemas híbridos o mixtos, y 3) sistemas conectados a la red [6]. El tipo de sistema característico de Colombia es el sistema fotovoltaico autónomo, las cuales no tienen ninguna conexión con redes eléctricas de la red general o red pública [7] y tiende a ser usada para electrificación rural, uso agrícola, ganadero o forestal, aplicaciones militares, o en la energización de equipos alejados de la red como comunicaciones, señalización y control. Los sistemas autónomos que en esencia están compuestos por el módulo solar fotovoltaico, acumulador o batería, y controlador de carga solar, requerirán de otros equipos según el tipo de instalación o necesidad energética a abastecer. En el mercado, los sistemas fotovoltaicos autónomos serán identificados según la potencia pico (Wp) del módulo solar fotovoltaico, y la capacidad energética a satisfacer dependerá de cuatro factores fundamentales: 1) El voltaje de operación del sistema, 2) la radiación solar de la zona de instalación, 3) La potencia de los equipos a energizar, y 4) las horas de trabajo de dichos equipos. La región Caribe colombiana posee una gran ventaja comparativa con respecto al resto del país en cuanto a la radiación solar global promedio diario (KWh/m²/día), tal como lo podemos apreciar en la figura:

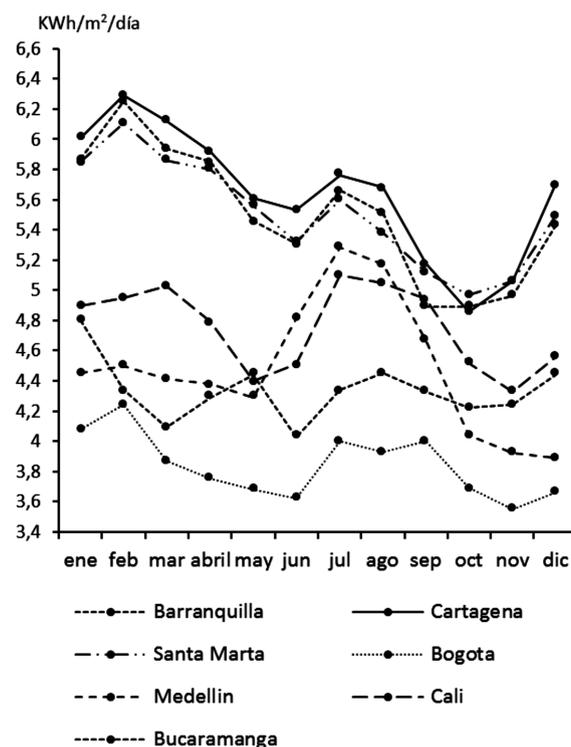
3. VARIABLES DEL MACROENTORNO COLOMBIANO QUE INCIDEN EN LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA

- Políticas: La ley 697 de 2001 promueve el uso racional y eficiente de energía y promoción y uso de las energías alternativas, la cual ha recibido modificaciones a través de los decretos 3683 del 2003 y 130 del 2005. A nivel de la región Caribe colombiana, no existen normas de regulación en los tres distritos [8].
- Economía: El PIB del sector eléctrico para el 2007 (fecha más reciente obtenida), equivale al 2,7% de la producción nacional [9].

- Social – cultural: Los medio de comunicación ayudan a que los consumidores empiecen a sentir preocupación por el cuidado y conservación del medio ambiente. Todo esto ha motivado que la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente sea punto obligatorio de los programas de responsabilidad social empresarial.
- Tecnología: el respaldo que recibe la industria fotovoltaica de los centros de desarrollo tecnológico y universidades es grande, en la medida que se trabaja arduamente en mejorar la eficiencia de generación energética en la tradicional celda solar de silicio, y en nuevos materiales que puedan generar niveles energéticos superiores a los hoy generados y aun costo menor. Podemos citar centros como el CIRCE en España, Hahn-Meitner Institut con su división de energía solar en Alemania, o el UCEP del Georgia Institute of Technology en Estados Unidos.
- Medio Ambiente: A través del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, se establece desde el 2001 el plan estratégico nacional de mercados verdes, documentos que se mantiene sin modificaciones desde el 2001. La construcción de obras portuarias en zonas verdes, el incremento los puertos especializados de carbón, las nuevas empresas dedicadas a procesos productivos por la presencia de nuevas zonas industriales, todos estos sucesos incrementaran el impacto negativo ambiental en la zona.

Figura 1: Radiación solar anual en algunas ciudades colombianas

Figure 1: Annual solar radiation in some Colombian Cities



Fuente: Elaboración propia, con base en datos técnicos sobre la radiación solar en Colombia [7]

Tabla 1: Radiación solar mínima mensual en siete ciudades colombianas

Table 1: Minimum monthly solar radiation in seven Colombian cities

	ene	feb	Mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Barranquilla	5,87	6,25	5,94	5,85	5,46	5,31	5,66	5,51	4,89	4,89	4,96	5,43
Cartagena	6,01	6,29	6,12	5,92	5,61	5,53	5,76	5,68	5,18	4,86	5,06	5,7
Santa Marta	5,85	6,11	5,86	5,8	5,56	5,32	5,6	5,38	5,12	4,97	5,06	5,49
Bogotá	4,08	4,24	3,87	3,75	3,68	3,62	4	3,93	4	3,69	3,55	3,66
Medellín	4,45	4,50	4,41	4,38	4,29	4,81	5,28	5,17	4,67	4,04	3,92	3,89
Cali	4,9	4,95	5,03	4,79	4,4	4,51	5,1	5,05	4,94	4,52	4,33	4,56
Bucaramanga	4,8	4,34	4,09	4,29	4,44	4,03	4,34	4,45	4,33	4,22	4,24	4,44

Fuente: manual de radiación solar en Colombia [7]

4. TENDENCIAS GLOBALES DE MERCADO

Para el 2008, la industria solar fotovoltaica registró un crecimiento de un 11% con ventas aproximadas de 37,1 billones de dólares donde Alemania y España representaron más del 50% del mercado [10]. Se destaca también para el mismo año las ventas de 25 Megawatios en edificaciones que poseen sistemas solares fotovoltaicos integrados, conocidas como BIPV por sus siglas en inglés, y el incremento de las centrales solares de gran escala en España y Alemania, y en otros países donde aún no tenía presencia las centrales solares como son República Checa, Italia, Francia, China, India y Estados Unidos [11]. De todos los casos internacionales sobre el mercado fotovoltaico, el principal a destacar es el de Alemania, país que tiene claramente definido una política de promoción en energías renovables conocida como la ley de energías renovables [12], donde dichas políticas han logrado promover la expansión de la electrificación urbana, distribuida al 2008 así: 40% en edificios y viviendas particulares, 50% en empresas e industrias y 10% en centrales solares [13].

5. LA DEMANDA Y LA OFERTA EN LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA

Analizando el caso de Colombia, se estima que el mercado consume 300 KW en sistemas solares fotovoltaicos al año [3]. Son 30 años aproximados los que tiene la industria solar fotovoltaica en Colombia, país con buenos niveles de radiación solar, ideales para la expansión del mercado fotovoltaico, pero sin políticas claras que lo estimulen. En el caso de la región Caribe colombiana, el establecimiento desde hace años de una estructurada industria gasífera, la ampliación de las telecomunicaciones, el incremento en el uso de equipos de telemetría y automatización, y las expectativas de crecimiento empresarial debido a los distintos tratados comerciales que la nación tiene en proceso con otros países, conllevan a un mayor consumo de recursos que afectan al medio ambiente, comprometiendo a las empresas a mejorar sus programas de responsabilidad medio ambiental [8]. Por otra parte, el interés cada vez mayor de los consumidores por el uso de fuentes de energías alternativas, lo cual se pudo comprobar a través de las experiencias laborales vividas en el sector, la reducción de los precios internacionales de la energía solar fotovoltaica [10], muestra señales de que las tendencias mundiales, pronto empiecen a tener cabida en Colombia. En cuanto a la demanda tradicional de la industria solar fotovoltaica colombiana, la demanda para electrificación rural por parte del sector privado (agroindustriales y personas naturales con propiedades en el campo) ha decrecido, lo que no ha ocurrido con el estado, el otro comprador

de electrificación rural, donde entidades como la gobernación del Atlántico llevó a cabo varios proyectos de electrificación rural en los entre el 2006 y el 2010 [8]. En general la demanda tanto en el Caribe colombiano como en todo el país, tiene en cuenta tres factores a la hora de adquirir, bien sea por importación o compra a una empresa local lo siguiente: prestigio y experiencia del país fabricante en generación en energías renovables, la calidad de los equipos ofrecidos, y el precio [14].

En cuanto a la oferta en [14], se destaca un listado de importadores para el 2003, que para el año 2010 se mantienen como empresas que hacen parte de la cadena de suministro (Distribuidores – ingeniería – servicio técnico) de la industria solar fotovoltaica en Colombia y con presencia en la región Caribe colombiana. Existen otra serie de empresas que con un nivel de importaciones más modesto, las cuales tienen presencia en la oferta regional y nacional desde los años 80[15], y se pueden considerar como las más representativas de un sector que por lo general a través de los años de presencia en Colombia varias de las compañías que nacieron con el sector, han ido desapareciendo, bien sea por no seguir invirtiendo más en el sector o porque solo nacieron para abastecer una necesidad puntual de contratación en la cual unos inversionistas desearon participar, tal es el caso de los negocios de electrificación rural estatales que siempre cuentan con la participación de una serie de empresas cuyo objeto social primordial no gira en torno las energías limpias o a la energía solar fotovoltaica [8].

El Caribe colombiano cuenta con una importante empresa perteneciente a un grupo empresarial con sede en la ciudad de Cali, que juega un papel de importador mayorista, y representa en Colombia a una marca de origen japonés, que goza de un excelente posicionamiento en el sector. También, se ubican en la región tres empresas de tradición en el mercado nacional, que actúan como mayoristas y detallistas. Una de ellas, es de capital local, y maneja distribuidores en el Caribe y venta directa a empresas de ingeniería, el estado y la gran industria ubicada en la región que demanda este tipo de productos como lo es la industria del gas, carbón y telecomunicaciones. En cuanto a las otras dos, tienen presencia directa en la región Caribe colombiana a través de representantes comerciales. Existe una cuarta empresa de capital antioqueño, que se enfoca solo en el sector agroindustrial y habitantes del campo, su presencia en la región es a través de distribuidores que comercializan suministros para el campo, aun no tiene presencia en la industria que demanda energía solar fotovoltaica [8].

Tabla 2: Características de las empresas de la industria solar fotovoltaica ubicadas en la región Caribe colombiana
Table 2: Photovoltaic's characteristics companies in the Colombian Caribbean region

Variable	Descripción	
	Capital local (1 empresa)	Capital fuera de la región caribe (3 empresas)
% local o fuera de la región	20%	80%
Mercados objetivos	electrificación rural y estatal, telecomunicaciones, señalización marítima, sector defensa, aplicaciones especiales (refrigeración, iluminación, sistemas de bombeo de agua)	Electrificación rural y estatal, sector defensa, telecomunicaciones.
Características técnicas y comerciales de la oferta	Ofrecen distintos tipos de marcas según disponibilidad en el mercado. La capacidad de los módulos solares oscila entre los 5 y los 280 W Suele trabajar bajo proyectos y pedidos, lo que los lleva a poseer un inventario mínimo.	Una de las empresas es distribuidor mayorista de una marca específica que maneja tamaño de módulos solares de 40 W a 225 W. las otras dos, manejan distintas referencias y tamaños acordes a los tipos de proyectos que se manejen. Los inventarios los manejan desde Bogotá.

Fuente: Elaboración propia.

6. DESCRIPCIÓN DE LA OFERTA TECNOLÓGICA FOTOVOLTAICA EN LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA

Pasemos a describir cada uno de los componentes de un sistema solar fotovoltaico que se ofrecen en la región, entendiendo que se pueden ofrecer como un paquete integrado o por separado. La información es obtenida a través de inteligencia de mercados realizada a las empresas anteriormente mencionadas:

6.1. Módulos Solares Fotovoltaicos

Los módulos demandados son según la aplicación. Para el caso de la señalización marítima y aplicaciones lumínicas de bajo consumo, se demandan módulos entre los 20 y 50 Wp; en aplicaciones como cercado eléctrico, soluciones de automatización para la industria del gas o carbón o telecomunicaciones, se demanda los módulos entre los 50 y 80 Wp; y para las soluciones de electrificación se demanda módulos con Wp superiores a los 80 Wp [16]. El consumidor regional, guarda apego por marcas pertenecientes a multinacionales del sector energético y electrónico; sin embargo, suelen aceptar lo que las empresas del sector le ofrezca por disponibilidad del momento. A continuación encontramos los rendimientos eléctricos de tamaños de módulos solares fotovoltaicos de alta circulación comercial en la región caribe, con base en el método de dimensionado más sencillo que parte de la estimación del consumo y el dimensionado de cada uno de los componentes del sistema solar fotovoltaico [17]; donde, haciendo los correspondientes despejes de las fórmulas para el dimensionado sencillo se obtiene el rendimiento energético del módulo solar fotovoltaico:

1) Cálculo del consumo eléctrico total (ET) en base a los consumos en DC (E_{DC}) y en AC (E_{AC})

$$E_{DC} = \sum W_{DCi} * t_{di} \text{ y } E_{AC} = \sum W_{ACi} * t_{di} \text{ (1) luego,}$$

$$ET = E_{DC} + (E_{AC} / Fe) \text{ (2)}$$

Donde;

W_{DCi} y W_{ACi} son las potencias en DC y en AC (en de los equipos a energizar, t_{di} es el tiempo diario de uso de dichos equipos, Fe es el factor de pérdida de eficiencia por el uso de los inversores de voltaje (AC/DC) que en la práctica se suele usar una pérdida máxima del 20%, dándole un valor a la variable Fe del 80%, y ET estará expresado en vatios-hora (Wh).

2) Cálculo del generador fotovoltaico (GF)

$$GF = ((ET/Vs) * Fs) / Rad \text{ (3)}$$

Donde;

Vs es el voltaje requerido del sistema solar fotovoltaico, suele oscilar ser 12, 24 o 48 V_{DC} , y en la practica, los instaladores lo determinan teniendo en cuenta el mayor aprovechamiento del arreglo solar y la disponibilidad de equipos; Fs es el factor de seguridad por el desgaste en el tiempo de los módulos fotovoltaicos, donde la mayoría de los fabricantes consideran que se debe manejar un factor de seguridad 1,2 por el desgaste del 20% de gran parte de los módulos solares fotovoltaicos después de 20 años de haber sido fabricados; y la variable Rad es la ra-

diación solar expresada en KWh/m², que en la práctica los instaladores fotovoltaicos suelen expresar como las horas de radiación diarias disponibles en la zona. El cálculo del GF, permite al instalador determinar la corriente (I) que se requiere generar con el sistema solar fotovoltaico para cubrir la necesidad energética. El número de módulos solares fotovoltaicos requerido se obtendrá de la relación entre GF y la corriente máxima generada (I_{mp}) generada por el modulo:

Módulos requeridos = GF / I_{mp} (4) donde el resultado se debe aproximar al entero mayor cercano.

Para los cálculos de la siguiente tabla, la columna rendimientos energéticos se referirá al cálculo de ET, calculo que para el cual GF es igual a I_{mp} dado que es un (1) solo modulo el requerido, el factor de seguridad es 1,2; el voltaje del sistema – Vs – es equivalente al voltaje nominal del módulo que para el caso de los que aparecen en la tabla es 12 V_{DC} y la radiación solar se tomará la mínima anual para la ciudad de Barranquilla, obtenida de la tabla 1, equivalente a 4,89 horas (KWh/m²) de radiación diaria.

ET = (GF * Rad * Vs) / Fs = (4,89 horas * 12 V_{DC} * GF) / 1,2 (5) donde GF = I_{mp}

Este cálculo es bajo el supuesto que todo el consumo energético sea en corriente directa, dato que se colocará en la columna rendimientos energéticos.

Para el cálculo de la columna componentes requeridos, se utilizará las siguientes formulas siguiendo la secuencia de las anteriores:

- Banco de acumuladores requeridos (BB)

BB = (I_{mp} * Rad * Da) / (1 - % Descarga), (6) donde:

Da serán los días de autonomía que se desean tener en caso de fallas en el módulo solar fotovoltaico (se recomienda un mínimo de 3 días), de tal forma que durante esos días el banco de acumuladores puedan trabajar solos, y el % de descarga, es la descarga máxima permitida diaria que debe realizarse a la batería con el fin de alargar la vida útil del acumulador, dato que por lo general es suministrado en los catálogos técnicos del fabricante del acumulador y que muchas veces, los instaladores en la práctica suelen utilizar un 20 y 30%, para nuestro ejercicio trabajaremos con el 20%. BB se expresa en Amperios-hora (Ah).

- Controlador solar requerido (CS)

CS = Max (I_g, I_c), y I_g = I_R * N_R (7) I_c = (Σ W_{DCi} / V_{bat}) + (Σ W_{ACi} / V_{ac}) (8) donde:

I_g es la corriente producida por el modulo solar fotovoltaico, que es el producto de la corriente producida por cada rama en paralelo del generador (I_R) por el número de ramas en paralelo del generador (N_R); y la variable I_c calculada por el cociente de las sumatorias de potencias por los respectivos voltajes según el tipo de voltaje, el voltaje de los acumuladores para la carga DC (V_{bat}), y el voltaje en AC (V_{ac}) si es 110 o 220. La corriente mayor será tomada para seleccionar el tipo de controlador a utilizar. Para nuestro caso, dado que no tenemos establecida una carga, damos por sentado que la corriente producida por el modulo fotovoltaico debe ser la aceptada, y como es para el análisis de un (1) solo modulo, la variable N_R es igual a 1.

Tabla 3: Módulos solares Fotovoltaicos de mayor demanda en la región Caribe colombiana
Table 3: Photovoltaics modules increased demand in the Colombian Caribbean Region

CARACTERISTICA TECNICAS	ESPECIFICACIONES ELECTRICAS	RENDIMIENTOS ENERGETICOS (Rad: 5 horas) en Wh _{DC}	COMPONENTES REQUERIDOS
Modulo típico de 65 W	Wp: 65 W; I _{mp} : 3,75 A; V: 12 V	183,37	BB = 68,76 Ah CS = 3,75 A
Modulo típico de 75 W	Wp: 75 W; I _{mp} : 4,5 A; V: 12 V	220,05	BB = 82,5 Ah CS = 4,5 A
Modulo típico de 85 W	Wp: 85 W; I _{mp} : 5,02 A; V: 12 V	245,48	BB = 92,05 Ah CS = 5,02 A
Modulo típico de 130 W	Wp: 130 W; I _{mp} : 7,39 A; V: 12 V	361,37	BB = 135,5 Ah CS = 7,39 A

Fuente: investigación y cálculos realizados por el autor con base en entrevistas a representantes de las 5 empresas ubicadas en la región caribe colombiana.

6.2. Acumuladores Eléctricos

El acumulador o batería es un componente vital en los sistemas solares fotovoltaicos autónomos pues servirá de respaldo para esos momentos en que el módulo solar fotovoltaico no pueda generar electricidad (noche, nubosidad, etc.). El tipo de batería ideal a utilizar es la batería estacionaria, diseñadas para tener un emplazamiento fijo y para casos en que el consumo es más o menos irregular pero en los que no se necesita producir una corriente elevada en breves periodos de tiempo, aunque si profundas descargas [18]. Las baterías pueden tener electrolito alcalino o ácido, siendo las primeras la de mayor fiabilidad y resistencia, pero las segundas son más demandadas por los precios más competitivos [18]. En el comercio, se consiguen estacionarias libres de mantenimiento (selladas) y las que requieren mantenimiento, el mercado ha aceptado y demanda más la libre de mantenimiento que posee una mayor vida útil y la diferencia en precios es cada vez menor con respecto a la que requiere mantenimiento.

Entre las baterías estacionarias ofrecidas en la región Caribe colombiana, se destacan baterías fabricadas en Taiwán, que manejan referencias en 12 Vdc, desde los 7 Ah hasta los 255 Ah. Solo hay presencia directa de un fabricante nacional, y sus productos tienen un buen nivel de aceptación en el área industrial de la región y en el gremio ganadero. También se destacan marcas norteamericanas cuyo tiempo de vida útil es superior a las otras ofertadas, lo que incrementa el valor monetario de las mismas en el mercado. Por lo general la oferta de baterías estacionarias en Colombia, al igual que los módulos, es de baterías importadas.

6.3. Controlador Solar

El controlador o regulador solar tiene como función principal proteger la batería evitando la descarga profunda o la sobrecarga de las mismas, alargando de esta forma la vida útil de la batería [4]. En el mercado de la región Caribe colombiana se demandan marcas alemanas y norteamericanas, en sus distintas presentaciones, siendo un líder indiscutible del mercado, tendencia que conserva no solo en el mercado nacional sino también en la internacional.

7. CONCLUSIONES

La región Caribe colombiana posee excelentes condiciones naturales para el desarrollo del sector solar fotovoltaico; sin embargo, al realizar un análisis del macro entorno nacional, no se han dado las políticas adecuadas y necesarias que le apunten a estimular la inversión, como si se han dado en otras regiones del mundo, a pesar que las tendencias sociales y tecnológicas están a favor del consumo de esta fuente energética. Al no existir las normas, el

mercado en su totalidad, se encuentra representado por la construcción de sistemas solares fotovoltaicos autónomos, desconectados de la red eléctrica.

Se estima que este mercado tiene una demanda de 300 KW anuales, representado en gran parte por la electrificación de zonas apartadas de la red eléctrica nacional, lo que convierte al estado en el principal comprador de esta energía, y en cierta medida por algunos sectores de la industria como el sector gas y telecomunicaciones. La oferta en la región Caribe colombiana está representada por un puñado de empresas que han logrado imponer las marcas que en el momento puedan ofrecer. Se destaca que entre la oferta de la región, está presente una cadena de distribución comercial, partiendo del mayorista hasta los minoristas que ofrecen valor agregado a través de la construcción de los sistemas solares fotovoltaicos, existiendo un respeto total entre cada uno de los miembros de la cadena. Las marcas japonesas son las más demandadas por los consumidores de energía solar fotovoltaica en el Caribe colombiano, en especial las referencias que oscilan entre los 65 y los 130 W. Aplicando las formulas de dimensionamiento solar fotovoltaico, se obtienen los datos sobre la capacidad energética en Wh que puede cubrir cada una de las anteriores referencias mencionadas, así como el banco de acumuladores, cuyas marcas banderas son procedentes de Taiwán, y controladores solares requeridos, donde los productos alemanes son los de mayor demanda.

REFERENCIAS

- [1] Chapin D.M., Fuller C.S. and Pearson G.L. A new silicon p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power. *J. Appl. Phys.* 25, 676, 1954.
- [2] Oyola J.S., Gordillo G. Estado del arte de los materiales fotovoltaicos y de la tecnología solar fotovoltaica. *Prospectiva*, 6(2), 11-15, 2007.
- [3] Rodríguez H. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Ingeniería Universidad de los Andes*. 28, 83-89, 2008.
- [4] Méndez J.M., *Energía solar fotovoltaica 2da edición*, fundación confemetal, Madrid, 2007.
- [5] Romero M., *Monografías de la construcción: Energía solar Fotovoltaica*, ceac, Barcelona, 2010.
- [6] Roldan J., *Instalaciones solares fotovoltaicas*, paraninfo, Madrid, 2010.
- [7] Rodríguez H. y González F., *Manual de radiación solar en Colombia*, H. Rodríguez y editores, Bogotá, 1994.

- [8] Cantillo E. y Conde F. (2011), Plan de marketing de sistemas solares fotovoltaicos para electrificación urbana. Tesis de maestría, universidad Autonoma del Caribe, 2011.
- [9] UPME (2008). **Boletín estadístico minero-energético 2003-2008**. [online], 174, disponible
- [10] Solar Buzz (2009), Market buzz 2009: Annual World Solar PV Market Report, [online]. Disponible en: http://energytoolbox.org/gcre/bibliography/65_PVMARKETSolarbuzz.pdf [acceso 12 de febrero de 2011]
- [11] REN21 (2009). **Renewables Global Status Report 2009 Update**, [online], 32, disponible.
- [12] German Renewable Energy Federation (2008). Bee Jahreszahlen 2008. [Online]. Disponible en: http://bee-ev.de/_downloads/publikationen/sonstiges/2009/090107_BEE_Jahreszahlen_2008.pdf [acceso 12 de febrero de 2011]
- [13] ICEX (2010). **El sector de la energía solar fotovoltaica en Alemania** [Online], 62, disponible.
- [14] ICEX. **El mercado de equipos para generación de energías renovables en Colombia**. [Online], 55, Disponible.
- [15] INEA, Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia, Ruecolor Ltda, Bogotá, 1996.
- [16] Cantillo E., Conde F., Mercado J (2011). Plan de acción fundamentado en las oportunidades comerciales de Solar Center Ltda en tres sectores de la industria del departamento del Atlántico. Tesis de posgrado, Universidad Autónoma del Caribe, 2008.
- [17] Prado C.R. (2011). Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada. Tesis de grado, Universidad de Costa Rica, 2008.
- [18] Ingeniería sin fronteras. Energía solar fotovoltaica y cooperación y desarrollo. IEPALA, Madrid, 1999.