

**ESTUDIO DE UN MODELO DE MARKETING CONCEPTUAL PARA LA
ADOPCION DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA**

LUIS FERNANDO JULIO BARRERO

Universidad Tecnológica de Bolívar UTB

Facultad de Economía y Negocios

Cartagena, Colombia

2013

**ESTUDIO DE UN MODELO DE MARKETING CONCEPTUAL PARA LA
ADOPCION DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA**

LUIS FERNANDO JULIO BARRERO

Trabajo de investigación para optar el grado de Maestría en Administración de
Empresas Ejecutiva EMBA

ASESOR: ANTONIO SEDAN MURRA. Ingeniero Eléctrico y MBA.

Universidad Tecnológica de Bolívar UTB

Facultad de Economía y Negocios

Cartagena, Colombia

2013

INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el año 2012 como el año internacional de la Energía Sostenible para todos. El Secretario General Ban Ki-Moon mencionó tres objetivos para ser logrados en el año 2030: Proveer acceso universal a los servicios modernos de energía, expandir la tasa de mejoramiento en eficiencia energética y duplicar la participación de las energías renovables en el mercado energético mundial. Colombia al igual que muchos países en vías de desarrollo, basa su modelo energético en energías hidroeléctricas y termoeléctricas, situación que se debe replantear para poder ser un país “verde” y sustentable energéticamente.

Colombia se ha caracterizado por haber tenido grandes déficits de generación de energía eléctrica (Fenómeno del Niño en los 90s), inconvenientes constantes en la volatilidad con los combustibles fósiles, dificultad en el transporte y problemas ambientales. Por otra parte, las fuentes de energía renovables tienen un rol importante que adquirir, con el objetivo de proveer suficiente energía al sistema energético en el contexto de crecimiento global sobre energías sostenibles y la protección del medioambiente de los efectos adversos en la utilización de los combustibles fósiles (Peter, Ramaseshan, & Nayar, 2002). El uso de la energía solar fotovoltaica (FV) descentralizada se discute como una importante herramienta para hacerle frente a los problemas ambientales asociados con la generación y el uso de la electricidad (Haas & Ornetzeder, 1999).

El siglo XXI se está convirtiendo en la “Tormenta perfecta de energía”, provocada por el crecimiento de la demanda de energía, la volatilidad de los precios de la energía y los riesgos de suministrarla. La sociedad de hoy fue fundada en los

combustibles fósiles, una fuente finita que ya es causa de muchos conflictos internacionales. El apetito energético mundial es enorme, representando 6 trillones por año, 13% del PIB mundial (Foster, 2009). Infortunadamente mucha de la energía no es usada eficientemente en edificios, vehículos o industrias. Este uso ineficiente exagera la crisis mundial energética. A través de la quema de los combustibles fósiles, la humanidad está creando el más grande desastre ecológico desde la desaparición de los dinosaurios. La clave está en el uso correcto de los recursos naturales, además que Colombia necesita un seguro, limpio y confiable futuro energético.

El Sol irradia sobre la tierra aproximadamente 120.000 Terawatts de energía cada año, más de 4.000 veces lo que se espera que la humanidad consuma en el 2050 (Seba, 2009). Con la energía solar fotovoltaica se puede proveer energía limpia, segura y confiable, y más aun cuando los precios por vatio de los paneles solares han bajado increíblemente en los últimos años favoreciendo la masificación y difusión de tecnología. La energía solar fotovoltaica es la tecnología de las energías renovables con mas rápido y excepcional crecimiento, solo en el periodo de 2006-2011 creció en la capacidad instalada global un 56% anual (REN21, 2012).

Para el año 2050 la demanda de energía se pudiera duplicar a medida que la población mundial crece y el desarrollo de los países expanden sus economías (Foster, 2009). Aproximadamente el 30% del consume energético mundial es por países en vías de desarrollo (Peter, Ramaseshan, & Nayar, 2002). El crecimiento es inevitable, debido al incremento de la población mundial y el aumento de la modernización y la demanda de energía global está proyectada a más del doble durante la primera mitad del siglo XXI y más del triple al final del siglo (Foster, 2009) . La transición a los sistemas de generación basados en energías renovables es

altamente importante por varias razones. Primero, reduce el uso de combustibles fósiles y por lo tanto el daño ambiental y a la salud. Segundo, la dependencia energética y los conflictos que generan el sistema energético actual que perjudican la seguridad global, y tercero, el desarrollo del mercado de energía solar y la creación de nuevas industrias generando oportunidades económicas sustanciales (Luthi, 2010).

Infortunadamente, la energía generada con los combustibles tradicionales tiene un impacto negativo al medio ambiente, tales como emisiones de CO₂, calentamiento global, contaminación del aire, deforestación y degradación del ambiente global. Adicionalmente los combustibles fósiles no son infinitos o renovables, sin lugar a dudas habrá cambios significativos en la infraestructura energética en nuestra sociedad moderna para finales del siglo XXI, y nuestro futuro será seguramente un conjunto de tecnologías sostenibles que minimicen el impacto ambiental (Foster, 2009).

Con la tecnología existente y la evolución de los negocios, la energía solar fotovoltaica tendrá un impacto considerable sobre el ambiente, la seguridad energética, y la economía, los tres pilares para invertir en energías renovables en el siglo XXI. Tiene positivos impactos en el ambiente (incluyendo la mitigación del CO₂), en la economía, en las oportunidades laborales y en las contribuciones energéticas (Pietruszko, 2004).

Con el anterior panorama global, es necesario y urgente que países como Colombia incursionen masivamente con la implementación de esta tecnología solar, y la razón principal de este estudio es analizar las variables para que se pueda adoptar la energía solar FV de forma estructurada luego de analizar el panorama global y

nacional de esta tecnología. Al estudiar para Colombia cada una de las variables del modelo de marketing conceptual de la energía solar FV para países en vías de desarrollo de Raja Peter, se está estudiando un modelo que permite identificar cuáles son las barreras que tiene Colombia para la adopción de esta tecnología solar, y a su vez reconocer cuales son las estrategias que se pueden implementar para que tenga éxito como parte del desarrollo sostenible del país. Además, este modelo tiene interesantes variables que son necesarias llevarlas a cabalidad en un país con una alta radiación solar, un recurso que es virtualmente inagotable. Variables como la correcta difusión del conocimiento para poder generar interés en las personas que toman las decisiones, el rol del gobierno como parte clave para la realización de proyectos que estimulen a replicar su uso y la participación de las entidades financieras para ofrecer créditos a bajas tasas son algunas variables que han sido aplicadas en otros países con éxito y que se pueden implementar en Colombia comprendiendo la energía solar FV como la mejor fuente de generación de energía renovable por su presencia en cualquier lugar.

RESUMEN

En este estudio se analiza por primera vez para Colombia, una adaptación del modelo de marketing conceptual de la energía solar fotovoltaica (FV) para países en vías de desarrollo de Raja Peter, generando de seguro en el país un mejor desarrollo sostenible, un sistema eléctrico nacional más confiable y seguro con fuentes de energías renovables, una mejor competencia en el mercado global, la creación de más y mejor empleo, y una mejor calidad de vida de forma sostenible y sustentable para millones de personas.

Al estudiar para Colombia el modelo de adopción de la energía solar FV de Raja Peter, se están analizando las variables estratégicas que influyen en la implementación y masificación de esta tecnología, como la tecnología de energía renovable de más rápido crecimiento en el mundo, analizando no solo la drástica caída de los precios de los paneles solares en los últimos años, sino además otros factores claves como el conocimiento, las decisiones políticas y los incentivos financieros. Además, se explica en qué consiste la energía solar FV, mostrando un panorama comprensivo del sector energético solar mundial y de Colombia, como base para analizar la toma de decisiones adecuada en el desarrollo de este tipo de tecnologías que son de prioridad política, económica y social. Adicionalmente, se mencionará una visión general de la energía solar en las zonas rurales de Colombia en donde se puede lograr mejorar la calidad de vida, como un servicio básico y esencial.

DEDICATORIA

A mi hija Isabella, por inspirarme y motivarme constantemente en todo lo que hago

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a la Universidad Tecnológica de Bolívar en brindarme la oportunidad única de pertenecer al primer cohorte del MBA Ejecutivo, de hacerlo en la tierra que me vio nacer, de entender más profundamente la cultura de los negocios en Cartagena, la región Caribe y en Colombia y de ofrecerme todas sus ventajas y beneficios para la realización de este documento de grado. También un especial agradecimiento a las personas que de una u otra forma aportaron en mí su granito de arena para la transferencia de conocimiento y por las experiencias únicas aprendidas, entre ellas Juan Carlos Robledo y Alberto Gomez que con sus sabios consejos constantes, hicieron que le tomara más importancia al valor del conocimiento y a la toma de decisiones empresariales, además de dedicarle todo el tiempo posible a la maestría y a este documento de grado de forma disciplinada, constante y exigente. Un especial agradecimiento a Antonio Sedan por su forma visionaria y estratégica de saber integrar la administración de empresas e ingeniería eléctrica en este documento, y poder como asesor de este proyecto brindarme muchos comentarios para que este proyecto se hubiese hecho realidad. A mi hermano Alfonso, que me ayudo rigurosamente con la revisión y asesoramiento del documento para que sea una excelente fuente de información académica y empresarial en el futuro. También un especial y sincero agradecimiento a José Luis Villa por la minuciosa revisión del documento y sus consejos sobre cómo realizar un verdadero proyecto de grado. A todos los profesores de la maestría, que me formaron una visión clara y concisa de los negocios, de cómo tiene que ser este documento funcional mediante la toma de decisiones en la administración de empresas del hoy y del mañana.

LUIS FERNANDO JULIO BARRERO

Ingeniero Eléctrico Uniandino con diploma en opción en administración de empresas. Gerente General Solen Technology. Experiencia en el sector energético y telecomunicaciones, especialista en energía solar fotovoltaica y eólica. Miembro de ISES International Solar Energy Society. Certificado Solar Energy International (SEI) y NABCEP (North American Board of Certified Energy Practitioners).

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	5
1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
1.1 NATURALEZA DEL PROBLEMA.....	6
1.2 ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	7
2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	9
3. METODOLOGIA.....	22
4. ENERGIA SOLAR	24
4.1 TECNOLOGIA DE ENERGÍA SOLAR.....	24
4.1.1 ENERGÍA SOLAR PASIVA Y ACTIVA	24
4.1.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA FV	25
4.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA FV	26
4.2.1 COMPONENTES DE LA ENERGÍA SOLAR FV	26
4.2.1.1 PANEL SOLAR	26
4.2.1.2 CONTROLADOR	31
4.2.1.3 INVERSOR	31
4.2.1.3 BATERÍAS	32
4.2.2 HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FV	33
4.2.3 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FV	34
4.2.4 SISTEMAS AUTÓNOMOS (OFF-GRID O STANDALONE).....	35
4.2.5 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED (ON-GRID O GRID TIE).....	35
4.2.5.1 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED DISTRIBUIDA.....	36
4.2.5.1 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED CENTRALIZADA	36
4.2.6 VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FV	37
4.2.7 IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA SOLAR FV.....	38
5. EL MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL MUNDO	39
5.1 LA CADENA DE VALOR DE LA ENERGÍA SOLAR FV	48
6. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA	51
6.1 SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO	54
6.2 PROS Y CONTRAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA	56
6.3 ENERGÍA SOLAR PARA LAS ZONAS RURALES DE COLOMBIA.....	58
6.4 LA ENERGÍA SOLAR COMO ESTRATEGIA CORPORATIVA EN LAS EMPRESAS COMERCIALES E INDUSTRIALES EN COLOMBIA	66

7. ESTUDIO DEL MODELO DE MARKETING CONCEPTUAL PARA LA ADOPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA	70
7.1 MOTIVACIÓN.....	70
7.2 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.....	72
7.3 CONTEXTO	72
7.4 ROL DEL GOBIERNO.....	73
7.4.1 SUBSIDIOS.....	75
7.4.2 MARCO INSTITUCIONAL	76
7.5 DEMOSTRACIÓN EN SITIO.....	77
7.6 CARACTERÍSTICAS DEL PROVEEDOR.....	77
7.7 FINANZAS	78
7.7.1 DISPONIBILIDAD DE CRÉDITO.....	80
7.7.2 COSTOS INICIALES.....	80
7.7.3 COSTOS COMPARATIVOS	82
7.8 CONOCIMIENTO	83
7.8.1 CONOCIMIENTO TECNICO.....	83
7.9 EXPERIENCIA.....	84
7.10 FAMILIARIDAD.....	85
7.11 PERSUASIÓN/INTERES.....	86
8. APORTES DEL TRABAJO DE GRADO	88
9. CONCLUSIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS	98
A. CARTA SOLAR CARTAGENA.....	98
B. RADIACION SOLAR AMERICA DEL SUR.....	100
C. EVOLUCION DE COBERTURA DE ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA	101
D. VALORES DE RADIACION SOLAR CARTAGENA	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases de la difusión de la energía solar	10
Figura 2. Modelo del proceso de decisión de innovación.....	12
Figura 3. Modelo conceptual de decisiones de innovación de FV de Kaplan	15
Figura 4. Modelo conceptual de adopción de la energía solar FV de Raja	16
Figura 5. Residencia con energía solar pasiva.....	25
Figura 6. Casa con energía solar fotovoltaica.....	26
Figura 7. Eficiencias de los distintos tipos de tecnologías de paneles solares	27
Figura 8. Cadena de valor del silicio en energía solar.....	28
Figura 9. Antenas que se alimentan con energía solar FV	35
Figura 10. Sistema de energía solar FV distribuido.....	36
Figura 11. Sistema de energía solar FV centralizado.....	36
Figura 12. Comparación de la irradiación solar anual con otras fuentes de generación.....	39
Figura 13. Mapa de irradiación solar global.....	40
Figura 14. Tasa de crecimiento promedio de las energías renovables periodo 2006-2011 ..	41
Figura 15. Crecimiento de la capacidad global energía solar FV.....	41
Figura 16. Capacidad FV Mundial 1995-2008	42
Figura 17. Participación de países según la capacidad de energía solar fv en el 2011	44
Figura 18. Producción mundial FV en MW 1990-2008	44
Figura 19. Caída de los precios del watt en Usa Y Europa 2002-2012.....	46
Figura 20. Porcentaje de ventas de los principales fabricantes de paneles solares	46
Figura 21. Cadena de valor de la industria solar FV	48

Figura 22. Participación por tipo de planta generadora en Colombia 2012.....	54
Figura 23. Precio promedio del kwh en bolsa y contrato en Colombia	56
Figura 24. Mapa radiación solar Colombia	65
Figura 25. Sistema de energía solar FV en el headquarter de Google en Mountain View ..	66
Figura 26. Arreglo de 104 kw de paneles solares en Nestle Colombia en Dosquebradas ..	68
Figura 27. Sistema de inversores SMA en Nestle Colombia	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorías contextuales y medidas	18
Tabla 2. Países top energía solar FV 2012 en el mundo	43
Tabla 3. Oportunidades de mercado de la FV por Tony Seba	48
Tabla 4. Cuadro de cargas de sistema solar Off-Grid	81
Tabla 5. Cotización de dispositivos de energía solar de sistema Off-Grid	81

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

El objetivo principal de este trabajo de grado, es el estudio de las variables estratégicas relacionadas con la adopción de la energía solar fotovoltaica en Colombia. Este estudio propone el análisis del modelo de marketing conceptual de la adopción de la energía solar FV de Raja Peter para países en vías de desarrollo, adaptándolo para Colombia, cuyo potencial está aún por despegar.

La validación de este problema es demostrado con los objetivos específicos en la revisión del mercado global de la energía solar y en Colombia. Además, se muestra en qué consiste la tecnología solar fotovoltaica, sus beneficios y ventajas, las tendencias de mercado, su importancia en los negocios de hoy en día, además de un análisis de cada una de las variables que plantea el modelo de adopción de Raja Peter de la energía solar aplicado para un país en vía de desarrollo como Colombia, donde aun se presentan grandes barreras de penetración, principalmente de desconocimiento, voluntad política y de incentivos económicos.

1.1 NATURALEZA DEL PROBLEMA

La tecnología de energía renovable de más rápido crecimiento en el mundo es la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, el panorama energético nacional se está quedando rezagada en muchos aspectos frente a una gran cantidad de países del mundo, no solamente con respecto a países desarrollados de Europa, Norteamérica y Asia, sino con respecto a países con similares características sociopolíticas y económicas de la región Latinoamérica donde ya se ha implementando exitosamente. Esta situación es preocupante debido a que no nos estamos adelantando ni previniendo correctamente los problemas energéticos que

tendremos en el futuro, por el incremento de los precios de los combustibles fósiles, su límite en reservas, el aumento y el consumo de la población y los graves problemas ambientales que se nos avecinan en las próximas décadas. Es claro que el futuro energético mundial es lograr una mezcla adecuada de diferentes tipos de energías, en donde las energías renovables ya están teniendo un papel acelerado, rentable y amigable con el medioambiente.

1.2 ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La respuesta al problema central planteado en este documento consiste en el estudio de las variables relacionadas con la adopción de la energía solar fotovoltaica en Colombia basándonos en reconocidos modelos de artículos científicos de escuelas de negocios, teniendo presente que Colombia es un país en vía de desarrollo. Este documento estudia cada una de las variables planteadas en el modelo de Raja Peter, luego de estudiar el panorama de la energía solar en el mundo y en Colombia, además sirve como hoja de ruta para estar a la vanguardia en la implementación de esta tecnología renovable de más rápido crecimiento.

La justificación para estudio es por 4 razones: 1) El estudio pretende lograr entender la importancia de invertir en energía solar fotovoltaica, comprendiendo el panorama mundial FV, analizando sus ventajas y beneficios a todas aquellas personas que toman decisiones estratégicas, sea en las empresas del sector público, privado y mixto en un país como Colombia con características particulares. 2) El estudio muestra al lector las variables estratégicas que inciden en la adopción de la energía solar fotovoltaica en un país como Colombia, principalmente para administradores, economistas, ingenieros, arquitectos, abogados y todas aquellas personas involucradas en la toma de decisiones de inversión energética en los negocios. 3) El estudio pretende dar a conocer y sensibilizar la tecnología de la

energía solar fotovoltaica como una estrategia tecnológica del presente y no del futuro, reconociendo su importancia y su potencial en la sostenibilidad energética en Colombia ante las situaciones de cambio climático, de seguridad nacional y el incremento de los precios de los combustibles fósiles. 4) El estudio pretende mostrar al sector académico colombiano la importancia del estudio de la energía solar en sus currículos académicos y en la I+D+i+e, se pretende además cambiar la desinformación general que se tiene sobre la energía solar FV, analizar la incorporación de cursos de energías sustentables en pregrado y posgrado en las universidades, como los MBAs, por ser la energía uno de los negocios mayor trascendencia.

2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

A menudo en la literatura se encuentran artículos científicos y libros que plantean estrategias sin una estructura clara sobre la adopción de la energía solar FV para un determinado país o mercado específico, pero analizar estas variables para un país desarrollado no es lo mismo que para un país en vías de desarrollo. Los modelos de adopción de innovación planteados por Rogers y Kaplan en los años 80s y 90s, aunque son excelentes fuentes referenciales, les falta agregar variables que son características de un país como Colombia. Por lo anterior, este documento utiliza por primera vez para Colombia, complementando los modelos de Rogers y Kaplan, un modelo de marketing de adopción de la energía solar fotovoltaica para países en vías de desarrollo de Raja Peter, elaborado conjuntamente en la Escuela de Marketing y el Centro de Tecnologías de Energías Renovables de la Universidad Tecnológica de Curten en Australia.

Sabemos que esta es una época compleja para las personas que toman decisiones y que están involucradas en el tema energético. Las fuentes de energía fósiles están siendo extraídas a tasas alarmantes (las reservas de petróleo se podrían acabar dentro de 30 o 40 años) y la contaminación (Calentamiento global, nitrógenos y óxidos sulfuros) hacen del carbón una forma no correcta de generar energía. (Kaplan,1995).

En el sector comercial e industrial a menudo los encargados de la energía, sean gerentes, administradores, ingenieros, economistas o cualquier otro actor estratégico están acostumbrados en la escogencia de nuevas tecnologías que hagan mejorar, optimizar y ahorrar costos en la compañía, por tal razón los modelos de

decisión de innovación convencionales pueden no aplicar en un mundo donde la energía esta desregularizada (Kaplan, 1998). Como los gerentes pueden llegar a interesarse por la energía solar en su compañía? Se ha demostrado que no se posee el conocimiento técnico adecuado que es un factor clave para generar interés al momento de tomar la decisión. El modelo de Kaplan agrega unas variables al de Rogers, como son motivación, experiencia y familiaridad, pero es un modelo aplicado a países desarrollados como Estados Unidos, razón por la cual, Raja Peter completó el modelo para que se aplicara en países en vías de desarrollo y en esta investigación se adapta para Colombia.

El desarrollo del mercado fotovoltaico puede ser interpretado en términos de la difusión de la innovación. La difusión de la innovación en los sistemas sociales puede ser descrita en la siguiente curva:

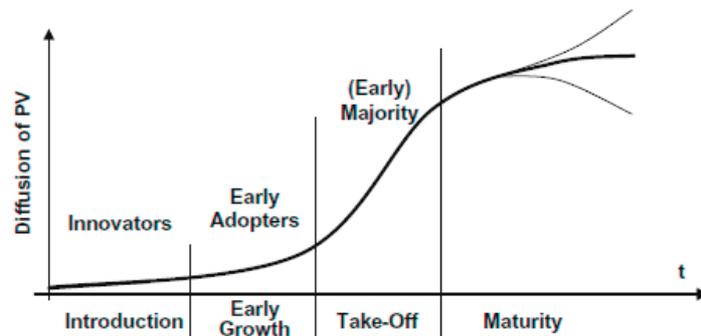


Figura 1. Fases de la difusión de la energía solar. Fuente (Luthi, 2010).

Las fases descritas en el modelo de la figura 1 se contextualizan a continuación:

Introducción (Introduction): Energía solar disponible en el mercado. Aunque en Colombia está disponible desde los años 80s, como parte de la segunda generación

de la energía solar FV a nivel mundial, realmente se vinieron a comercializar en los 90s.

Crecimiento inicial (Early Growth): La participación del mercado esta incrementándose lentamente, pero aun lejos del crecimiento sostenible. El mercado en Colombia se encuentra en esta fase pero en soluciones off-grid.

Despegue (Take off): Se convierte en un negocio rentable con un fuerte crecimiento. Se espera que con incentivos económicos, voluntad política y con conocimiento se logre el despegue de la energía solar FV en Colombia.

Madurez (Maturity): Se alcanza la *Grid Parity*, que es el punto cuando la electricidad fotovoltaica es igual en precio o más económica que la entregada por la red eléctrica convencional. Esta fase es alcanzada por Alemania, Italia y Japón.

Para la Figura 1, la difusión FV puede ser medida en varias formas: capacidad instalada, número de negocios de energía solar establecidos, cantidad de energía producida, etc.

Los modelos convencionales de adopción de tecnología que hacen que los adoptantes ganen interés por un producto están basados en la adquisición y la asimilación de conocimiento que se tiene sobre él. El conocimiento sobre un producto ayuda a las personas a formar una opinión y desarrollar actitudes, lo cual ayuda a persuadirlas para que la adopten o la rechacen. Luego una persona que es persuadida, puede tomar una decisión que una persona con poco conocimiento no puede hacerlo (Rogers, 2003).

La comercialización de nuevas tecnologías es un proceso difícil, cargado de riesgos y hechos inciertos sobre una impredecible comunidad de potenciales adoptantes

(Kaplan, 1998), el caso de la energía solar fotovoltaica es exacerbado por muchos factores, donde compite con otras fuentes de energía que están altamente subsidiadas por las economías de los gobiernos.

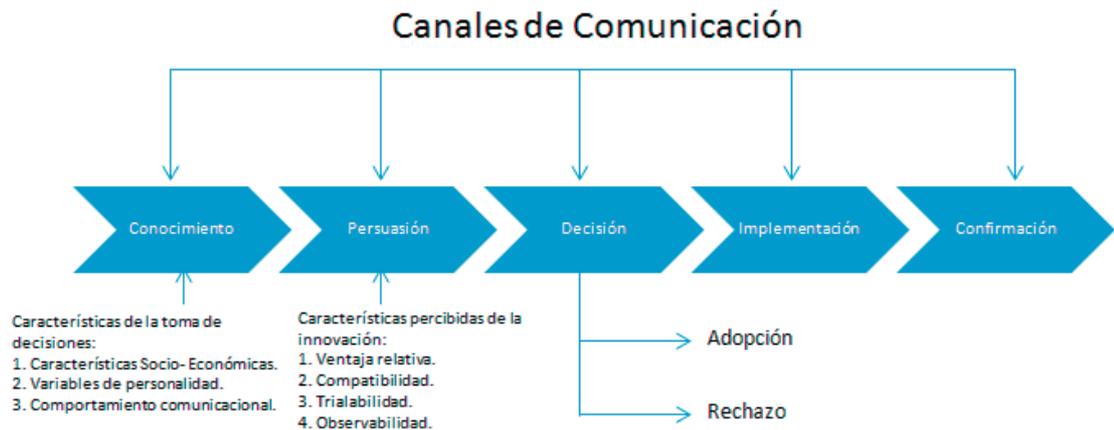


Figura 2. Modelo del proceso de decisión de innovación (Rogers, 2003)

Existe un modelo clásico famoso de adopción de la innovación elaborado presentado por Everett Rogers en su libro *Diffusions of Innovations* (Difusiones de Innovaciones). Este modelo clásico conduce a potenciales adoptantes de la ignorancia a la decisión (Kaplan, 1999).

Gracias a un extensivo esfuerzo de Rogers, logrando sintetizar miles de estudios acerca de la adopción de innovaciones, mediante un sencillo modelo. El modelo describe aspectos de la adopción de innovaciones, casi innumerables productos, tecnologías, estrategias, ideas y procesos.

Como se observa en la Figura 2, Rogers definió sus términos de la siguiente forma:

Conocimiento: Exposición a una innovación, ganando alguna idea de cómo trabaja. En este primer estado Rogers lo define como el proceso de decisión que explora el conocimiento y la comprensión.

Persuasión: Se forman actitudes favorables y desfavorables a través de la innovación.

Decisión: Atractivo en actividades conduciendo a una adopción ó rechazo.

Implementación: Coloca una innovación en uso.

Confirmación: Refuerza un proceso de implementación de innovación.

El proceso de la innovación es esencialmente una búsqueda de información y una actividad de procesamiento de la información en la cual el individuo es motivado a reducir la incertidumbre sobre las ventajas y desventajas de la innovación (Rogers, 2003). La pregunta crítica, es como y cual información es adquirida, procesada y usada antes de tomar la secuencia de toma de decisiones. Rogers coloca como principal importancia al rol del conocimiento como las decisiones para persuadir a los tomadores potenciales de decisiones (Kaplan, 1999).

La clave para la decisión de adopción es la persuasión, que Kaplan llama "Interesado", el factor más importante según Rogers para llegar a la persuasión es el conocimiento. En este modelo se plantea que *"The more one knows about a innovation, the more likely one is to adopt it"*, mientras más se sabe de una innovación, más probable es adoptarla. Es crítico saber que muchos ingenieros en Colombia que toman decisiones energéticas en las empresas no conocen sobre la energía solar FV, y toman las decisiones basados en el modelo convencional racional: observando especificaciones, evaluando costos, analizando riesgos, consulta de

manuales técnicos, asimilando toda la información, para finalmente escoger una que no siempre es la mejor opción.

La investigación empírica, sugiere un proceso diferente, renombrado “innovadores” que son el 2.5% de la población que invierte en el último dispositivo, mientras el 97.5% hace parte de los no innovadores (Rogers, 1995). Los innovadores son tomadores de riesgo, confían en el conocimiento técnico y aprenden bastante antes de comprar. Los no innovadores requieren otro tipo de influencias para generar interés en la adopción y tiene implicaciones diferentes sobre las estrategias de comercialización. Con reconocer esta diferencia, se pudiera ahorrar dinero logrando unos mejores resultados y una mejor probabilidad de éxito (Kaplan, 1999).

El modelo que plantea Kaplan ofrece un entendimiento de cómo los potenciales adoptantes alcanzan a ser persuadidos, agregándoles algunas variables al modelo de Rogers. Tal como lo plantea Kaplan, el núcleo del modelo propuesto por Rogers es sin lugar a dudas el conocimiento de la tecnología que conlleva a que se presente interés.

Existen diferencias entre ambos modelos, debido a que Kaplan incluye la experiencia y la familiaridad y lo plantea como un modelo causal, que puede ser medido directa o indirectamente.

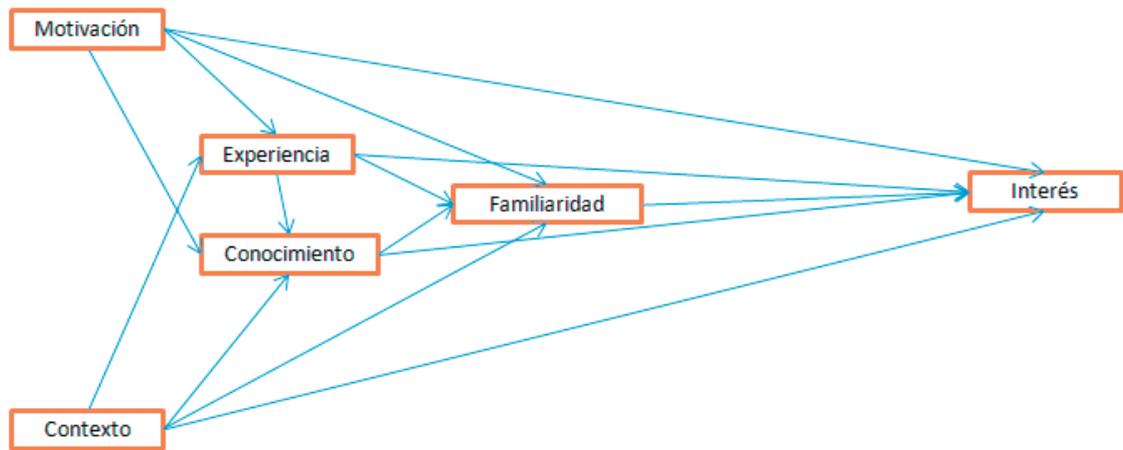


Figura 3. Modelo conceptual de decisiones de innovación de FV de Kaplan. Fuente (Kaplan,1995)

Mientras se hace mucho trabajo en cómo generar energía con energía solar FV, existe poca atención en cómo generar interés en la tecnología (Kaplan, 1999)

El paso que toca ponerle mucha atención, quizás el más crucial en el proceso de comercialización: para que una innovación sea aceptada por los potenciales adoptantes, es que estén interesadas en ella, sino el proceso es realmente académico, a pesar de las mejores intenciones del gobierno, tratados, investigadores, consultores, fabricantes, y cualquier parte involucrada en el proceso de comercialización (Kaplan, 1999).

MODELO DE RAJA PETER

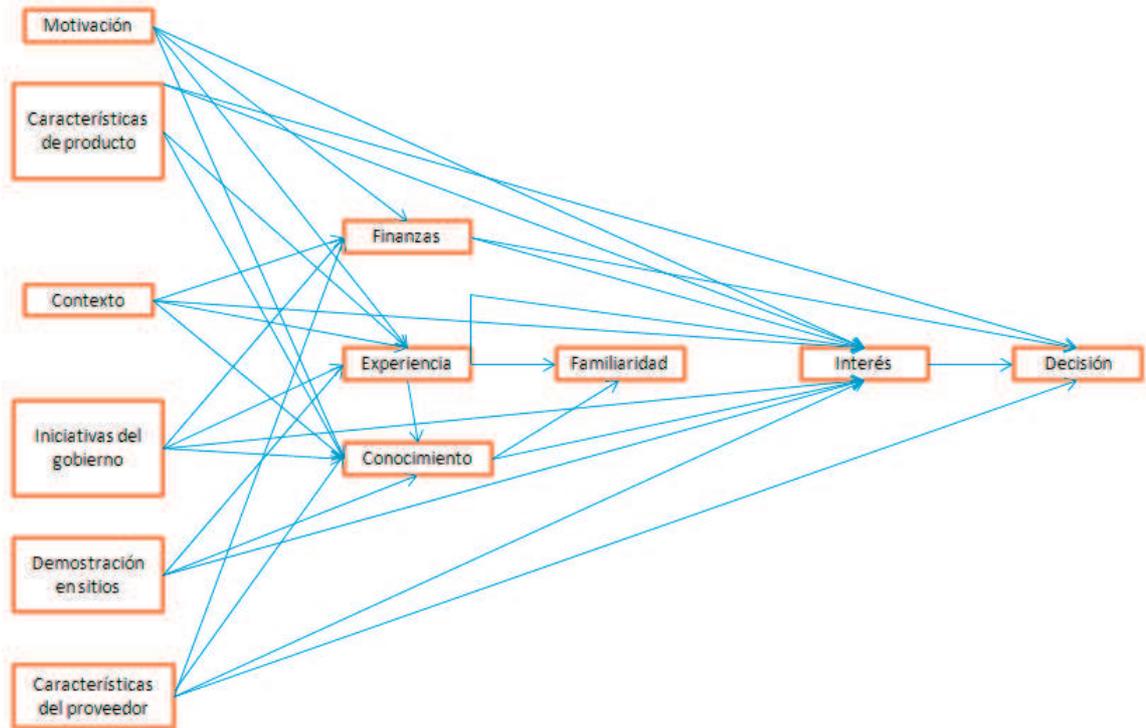


Figura 4. Modelo conceptual de adopción de la energía solar FV de Raja. Fuente (Raja, 2005)

Se sugiere que las iniciativas gubernamentales y las instituciones financieras sean influyentes en la toma de decisiones para adoptar los sistemas energía solar FV en los países en vías de desarrollo. Igualmente es también importante proveer a los que toman las decisiones, con oportunidades de experiencia directa a través de demostraciones en sitios de los sistemas de energía solar FV. Estos factores han sido ignorados en el proceso de decisión de innovación formulado por Rogers y el modelo de toma de decisiones de energía solar FV propuesto por Kaplan (Peter, 2006). A continuación se explicaran en que consisten cada una de las variables:

MOTIVACION

La motivación puede ser conceptual, es un factor económico que induce a las compañías a ganar interés en tecnologías. La autonomía se considera factor motivador por el hecho de que las compañías tienen la libertad de escoger sus proveedores de energía, y de conocer más sobre la energía solar (Kaplan, 1998).

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Características o atributos de una innovación que afecta la adopción incluye:

Ventaja relativa: es el grado en el cual la innovación es percibida por el adoptante para ser superior para proceder a ideas.

Compatibilidad: es el grado en el cual la innovación es percibida siendo consciente de las experiencias potenciales del adoptante, valores y necesidades.

Complejidad: Es el grado en el cual la innovación es vista para ser difícil de entender y usar.

Triabilidad: Es el grado en el cual la innovación puede ser experimentada o usada bajo límites básicos.

Observabilidad: Es el grado en el cual la innovación es vista por otros.

CONTEXTO

El término “contexto” marca una serie de variable exógenas y de control.

Variable contextual	Medidas
Ambiental	Ubicación de la empresa, demanda de potencia
Organizacional	Tipo de organización, cantidad de los empleados
Personal	Nivel Educativo, estatus técnico.

Tabla 1. Categorías Contextuales y medidas. Fuente (Kaplan, 1995)

ROL DEL GOBIERNO

Para el sector industrial puede el gobierno ayudar a difundir los beneficios de la energía solar FV y de sus ventajas al medio ambiente, a través de campañas, programas documentales de FV a través de radio, TV periódicos, vallas publicas y demostración en sitios , todo con el fin de promover adecuadamente la energía solar FV (Peter,2006).

MARCO INSTITUCIONAL

Para las energías renovables el no tener un marco institucional y una estructura legal para crear un clima de inversiones en energía renovables ha sido la barrera en muchos países, Colombia no está lejana a esta situación, no existe una clara certificación de los productos. Los estándares son requeridos para establecer certificaciones o calificaciones para diseñadores e instaladores (Peter, 2006).

DEMOSTRACIÓN EN SITIOS

Las demostraciones públicas y privadas de la energía solar FV muestran sus beneficios y sus ventajas. Es necesario mostrar las ventajas, por ejemplo, sobre los generadores de diesel y su efecto el medioambiente.

CARACTERÍSTICAS DEL PROVEEDOR

Las empresas industriales usan criterios para escoger un proveedor sobre otro. Los atributos claves incluyen: La reputación del proveedor, Términos financieros, Experiencia con el proveedor, Confiabilidad, Servicio de soporte, Entrenamiento por el proveedor, Factores como culturales y tecnológicos, pero importantes variables como: calidad del producto entrega confiable precio competitivo comunicación efectiva disponibilidad de componentes.

FINANZAS

Las instituciones financieras no tienen conocimiento de la energía solar FV. Tanto como la tecnología misma, la mejor innovación en la industria solar son las finanzas.

CONOCIMIENTO

Tal como lo planteo Rogers, examino tres tipos de conocimientos para el potencial adoptante:

Conciencia (Awareness): Es cuando un cliente potencial percibe que la innovación se necesita para resolver un problema. Se comienza a buscar información sobre el funcionamiento de la innovación, sus características y sus aplicaciones.

Como (How to): Es la información obtenida de la conciencia.

Principios de Conocimiento (Principles Knowledge): Es la información sobre los principios que gobiernan el trabajo o el funcionamiento de la innovación. (Ejemplo, teoría básica de cómo la energía es generada). La toma de decisiones de la innovación depende de la capacidad de asimilar estos tipos de conocimientos (Peter, 2001). Los principios del conocimiento son prerequisites para la adopción de la Innovación. (Ejemplo: Para comprar un automóvil no se requiere las competencias de un ingeniero automotriz) (Kaplan, 1998).

CONOCIMIENTO TÉCNICO

Conocimiento en este caso, se refiere a conocimiento objetivo que puede ser adquirido de libros, conferencias e información técnica (Kaplan, 1998). El conocimiento envuelve una base objetiva de información, que incluye comprensión de datos, búsquedas, presentaciones técnicas, por ejemplo, relación costo beneficio de los generadores solares, aplicaciones de la energía solar FV, tecnologías de los paneles solares (Kaplan, 1998).

FAMILIARIDAD

Es el resultado cognitivo de la experiencia. Para ser familiar sugiere un nivel de confort, una asociación más cercana con algo. La base empírica para utilizar la tecnología es de experiencia más allá de ser verificable, el usuario tiene más familiaridad que conocimiento (Kaplan, 1998). El uso de los computadores es una mezcla de conocimiento, experiencia y familiaridad, pero la gran mayoría desconocen su funcionamiento interno (Kaplan, 1999).

EXPERIENCIA

La experiencia es mucho más que aprender de un libro. Los gerentes que toman las decisiones pueden ser persuadidos por experiencia y que ellos luego desarrollan

un sentido de familiaridad (Kaplan, 1999). Rogers lo llamo como “Practica previa” es la raíz de la experiencia. El concepto de experiencia tiene el potencial de ser un importante contribuyente no solo al conocimiento sino a las intenciones de comportamiento y a la toma de decisiones.

PERSUASIÓN/ INTERÉS

Lo que define Rogers como *persuasión*, Kaplan lo define como *interés*. Conocimiento es el producto de motivación y experiencia. Variables exógenas tales como características socioeconómicas, variables de personalidad y normal sociales del sistema. Para llenar la brecha entre conocimiento e interés se incluyo la experiencia y familiaridad. (Kaplan, 1998).

La investigación de la literatura en el área de la difusión de las tecnologías de la energía solar ha identificado otras variables. El efecto de variables independientes tales como la iniciativa del gobierno, demostración en sitios en experiencia, conocimiento e interés no han sido estudiados en el contexto de difusión de las tecnologías de energía solar en los países en vías de desarrollo. En este modelo se incluyo finanzas, experiencia, conocimientos y familiaridad. El propósito es establecer relaciones y saber que decisiones adoptar (Peter, 2006).

3. METODOLOGIA

Este estudio analiza cada una de las variables planteadas en el modelo conceptual de marketing de adopción de la energía solar de Raja Peter FV aplicadas para Colombia. La investigación *cualitativa* fue realizada por medio de entrevistas y reuniones a dirigentes del sector energético y expertos en el tema de energía solar en Colombia y en Estados Unidos, a usuarios de la tecnología solar FV y a personas interesadas en adquirir la energía solar FV.

En las entrevistas y reuniones se realizaron una serie de cuestionamientos sobre la implementación de la energía solar FV en Colombia, sus barreras de penetración, su futuro y que serie de estrategias servirían para adoptarla tal como ha ocurrido con éxitos en muchos países. Dirigentes el sector de generación, transmisión y distribución de la energías, empresarios del sector industrial colombiano, directivos gremiales, usuarios residenciales rurales y urbanos colaboraron para lograr analizar el panorama energético colombiano, y el rol de la energía solar FV.

Adicionalmente se revisaron conferencias y seminarios de energía solar en diferentes países. Además de la revisión de revistas, libros y tesis especializados en energía solar. Como documento de investigación de administración de empresas, se trato de utilizar las mejores fuentes bibliográficas, utilizando tesis de MBA's, libros de autores de escuelas de negocios reconocidas mundialmente y artículos científicos, que jugaron un rol importante para poder sustentar con argumentos lo que se piensa y se hace con la energía solar FV.

Finalmente, la experiencia propia nacional e internacional en proyectos de energía solar FV, y como gerente de Solen Technology, empresa especializada en energías renovables, ayudo a un tema que en Colombia no se tiene suficiente material y donde por primera vez se aplica un modelo, como el que se plantea en este trabajo de investigación.

4. ENERGIA SOLAR

Este capítulo revisa, el concepto de energía solar y los tipos de energía solar fotovoltaica, además de sus componentes del sistema. Se examinara la historia, los beneficios y las tendencias tecnológicas de la energía solar FV.

A menudo en Colombia las personas confunden el concepto y los tipos de energía solar, a continuación se definirán:

4.1 TECNOLOGIA DE ENERGÍA SOLAR

Es una fuente de energía que puede ser atribuida a la luz del sol o el calor que generan los rayos solares. Estos dos términos, tanto luz y calor son importantes entender, para poder clasificar los tipos de energía solar, debido a que por ejemplo, en el caso de la energía solar FV, la variable radiación solar es preponderante para el funcionamiento de los paneles solares, y la temperatura como en cualquier dispositivo eléctrico y electrónico juega un rol primordial. Igualmente al entender cada tipo de energía solar, se están mencionando diferentes mercados, lo cual hace que las conclusiones sean distintas, debido a que este estudio solo está dirigido a la energía solar fotovoltaica FV, como la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento.

4.1.1 ENERGÍA SOLAR PASIVA Y ACTIVA

La energía solar pasiva, utilizada hace miles de años, es comúnmente manejada en la actualidad por los arquitectos y diseñadores, y se relaciona con el diseño de construcciones para poder capturar el calor y la luz de sol de forma eficiente. Factores como el movimiento del sol a lo largo del año sobre un sitio específico (Ver anexo A), el uso de los materiales adecuados para manejar las temperaturas son solo algunos de los factores para tener las condiciones óptimas.



Figura 5. Residencia con energía solar pasiva. Fuente: <http://skgi.net/>

La energía solar activa se refiere a las aplicaciones que utiliza la energía del sol para generación de electricidad o para calentamiento de agua.

4.1.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA FV

Unas de las aplicaciones más vistas de la energía solar térmica en el mundo, es para calentamiento de agua, mediante un método de transferencia de calor utiliza mecanismos para lograr calentar fluidos (En países como Israel es obligatorio por ley su uso en el sector residencial). Y en el caso de la generación solar térmica para calentar el agua para mover una turbinas.

En la energía solar fotovoltaica FV, los fotones de la luz golpean la superficie de los paneles solares (Materiales con una estructura molecular específica), luego se facilita el movimiento de los electrones de la carga positiva a la negativa creando una corriente eléctrica.



Figura 6. Casa con energía solar fotovoltaica FV. Fuente: <http://eath4energy-home-electricity.maxupdates.tv>

4.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA FV

Los sistemas de energía solar fotovoltaica también denominada FV, son sistemas que usan la energía solar y la convierten energía eléctrica, ofreciendo energía limpia, segura y confiable, que son características claves de las energías renovables al uno usar combustibles fósiles, además trabajan a cualquier escala, pueden ser usadas para alimentar a un bombillo LED, una casa, un negocio, una empresa hasta parque solares y funcionan desde el polo norte hasta el desierto de Sahara, y en el espacio exterior.

4.2.1 COMPONENTES DE LA ENERGÍA SOLAR FV

Los principales componente del sistema solar FV son:

4.2.1.1 PANEL SOLAR

El termino panel solar en Colombia a menudo se relaciona con el de modulo solar, generalmente los fabricantes mencionan el termino de modulo solar en sus fichas técnicas, pero con el paso de los años se adopto en el país el nombre de paneles

solares (En este documento asumiremos que panel solar y modulo solar son lo mismo) al conjunto de celdas semiconductoras que producen electricidad mediante el efecto fotovoltaico, que es un proceso físico básico, en el cual las celdas solares mediante los rayos solares convierten la energía solar en energía eléctrica. Al conjunto de estos paneles solares, se le denomina arreglo solar, y cuando se habla de muchos arreglos, en instalaciones grandes, se habla de parques solares. En la actualidad la tecnología de los paneles solares de silicio, especialmente los policristalinos (También nombrado multicristilano) han tomado mucha fuerza y se ha reflejado en su aceptación y crecimiento en ventas globales tanto a nivel residencial, industrial como en megaproyectos, gracias al aumento en su eficiencia, bajo precio y una tecnología que se ha consolidado a lo largo de muchos años, se espera que esta hegemonía demore muchos años más.

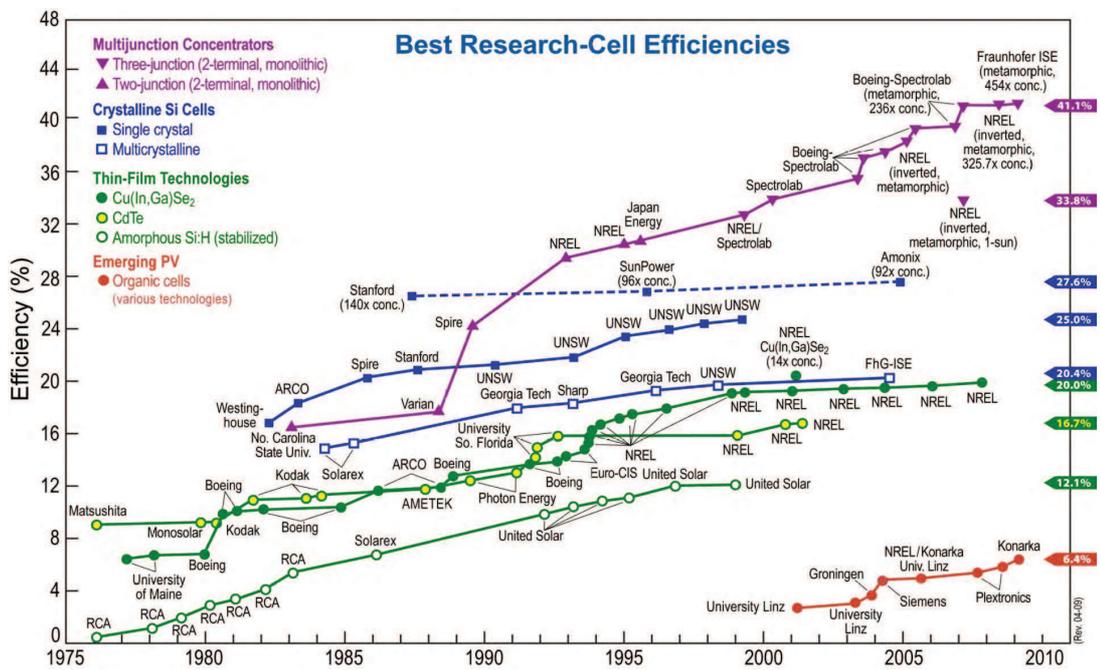


Figura 7. Eficiencias de los distintos tipos de tecnologías de paneles solares. Fuente: www.nrel.gov/

A continuación se mostrará las tecnologías de paneles solares en sus diferentes generaciones (Ver Figura 7).

Tecnologías de paneles solares

Las tecnologías de paneles solares se pueden clasificar según las generaciones:

Primera Generación

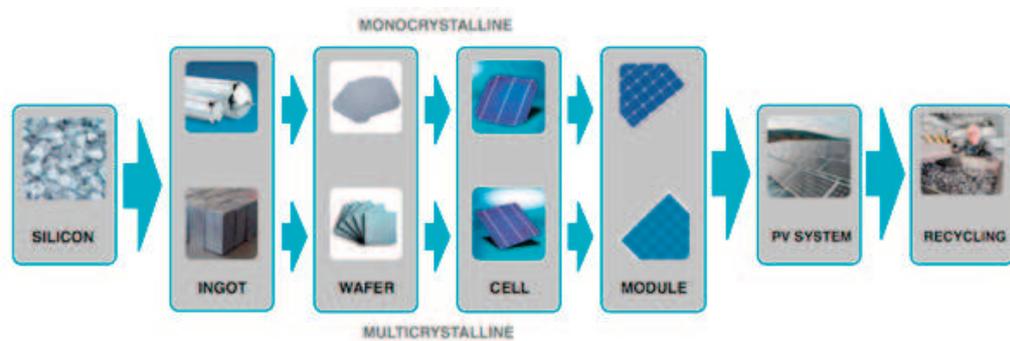


Figura 8. Cadena de valor del Silicio en energía solar. Fuente www.a-sunenergy.com

Esta primera generación lleva más de 50 años en el mercado mundial, desde que los laboratorios Bell en el año 1954 lograran crear la primera celda de silicio (El segundo elemento más abundante de la corteza terrestre después del Oxígeno). Se destacan dos tipos de Tecnologías que se diferencian por su proceso de fabricación:

Paneles Monocristalinos: Usualmente se forma por lingotes de silicio puro, se cortan en obleas, luego se tratan químicamente para luego pasar a grabado, es un proceso similar de los chips en la industria de los microprocesadores. En los procesos de fabricación de estos paneles solo unos cuantos fabricantes se dedican desde el primer paso, por el complejo trabajo de volver el silicio puro que requiere tecnología de punta y costosa (Observar gráfica 8).

En este punto es donde muchos fabricantes a nivel mundial dicen serlo, pero realmente se dedican al proceso de ensamblaje de las celdas solar en marcos de aluminio anodizado. Aunque los paneles monocristalinos hace unos años tenían mayor eficiencia que los policristalinos, estos han perdido bastante terreno debido a que el costo de producirlos es más costoso.

Paneles Policristalinos: A diferencia de los monocristalinos, su proceso de fabricación requiere de varios métodos por separado creando un producto menos costoso, es fácil reconocerlos debido a que no tiene una simetría de las celdas como los monocristalinos. En estos tipo de paneles se ha logrado optimizar la eficiencia inclusive equipararla con la de monocristalinos con un proceso de fabricación menos complejo.

Segunda Generación

Llamada la tecnología de película delgada (Thin-Film), a diferencia de la tecnología de silicio no utiliza celdas solares, sino que utiliza capas de elementos fotovoltaicos sobre un sustrato. Son módulos de más baja eficiencias que los de silicio, y lo que trato inicialmente es lograr cambiar la tecnología de primera generación. Dentro del campo de la película delgada, existen muchos procesos asociados con los materiales específicos: Silicio amorfo (a-Si), Silicio microcristalino amorfo, (CIS/CIGS) Selenio Indio Cobre y Teluro de Cadmio(CdTe).

El progreso de esta tecnología a pesar de ir aumentando, si se compara con la de silicio está perdiendo cuota de mercado debido a que han bajado los costos de fabricación de esta última. A su vez, se habla mucho de esta tecnología de película delgada sin tener las siguientes consideraciones:

- Se necesita mayor cableado eléctrico.
- Se requiere una mayor estructura de soporte.
- Son Menos eficientes que los policristalinos (en términos de área).
- Son más aplicables en solución macro (solo solar), o en fachadas o en accesorio pequeños.
- Han quebrado varias empresas de este tipo.
- Presenta ciertos problemas en el reciclaje de sus componentes.
- No se ha comprobado su tiempo de vida a 25 años.
- Se degradan en potencia absoluta con el tiempo más rápidamente que los policristalinos.
- La tendencia del mercado es policristalino y por sus niveles de certificación.
- Es un sector con poca participación el mercado para energía solar en el sector comercial/industrias.

Tercera Generación

Llamada también 3G, esta tecnología se viene trabajando desde Australia, en la Universidad del Nuevo Sur de Gales (*University of New South of Wales*) a la cabeza del mundialmente reconocido investigador de celdas solares, Martin Green. La tecnología pretende emular lo mismo que hacen las plantas y los arboles con el proceso químico de la fotosíntesis, se espera que unos cuantos años se comercialice en el mercado esta tecnología.

Es de resaltar que esta misma universidad posee su propia escuela de energía fotovoltaica denominada School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering. Por otro lado muchas otras universidades como el MIT (Massachusetts Institute of Technology) en el año 2003 realizo un especial de las tecnologías emergentes que cambiaran el mundo (10 Emerging Technologies That Will Change the World) en las próximas décadas, planteando la tecnología de celdas nano-solares para integrarlas en materiales de construcción y también ofrecer un costo de fabricación mas económica que pudiera ampliar el uso de la electricidad alternativa (MIT, 2003)

4.2.1.2 CONTROLADOR

El controlador es utilizado comúnmente en soluciones solares FV independientes (Off-grid o Stand Alone), se encarga principalmente de regular, cargar y mantener el voltaje de las baterías.

La tendencia del mercado global de controladores es la tecnología MPPT (Maxim point Power Tracking) en el cual aprovechan mejor la corrientes y el voltaje de los paneles solares, cargando más rápidamente las baterías, además de utilizar menos paneles solares.

4.2.1.3 INVERSOR

En soluciones de sistemas autónomos, cuando se tiene cargas (Dispositivos eléctricos y electrónicos) de corriente alterna CA trabajando a 110Voltios ó 220Voltios, se necesita el inversor que mediante un transformador convierte el voltaje DC corriente directa a alterna, normalmente de 12 V o 24V DC a 110V ó 220V.

En sistemas solares FV conectados a la red (On-grid), el inversor es el corazón del sistema debido a que sincroniza las señales de corriente provenientes del sistema solar con la de la red eléctrica. Últimamente está tomando auge los inversores sin transformador, mejorando la eficiencia y el precio de los mismos.

A su vez, cada vez toma más fuerza el mercado mundial de los microinversores, donde a diferencia de los inversores convencionales que están conectados a todo un arreglo de paneles solares, los microinversores cada uno se conecta a cada panel, haciendo más rápida la transición de DC a AC.

4.2.1.3 BATERÍAS

Las baterías son dispositivos de almacenamiento, que a diferencia de las automotrices, estas son de ciclo profundo (Deep Cycle), es decir se cargan y se descargan lentamente y donde el tiempo de vida es aun mucho mayor. Su diseño y su funcionamiento están enfocados principalmente en sistemas solares autónomos cuando no existe la presencia de radiación solar, o como fuente de respaldo (Backup) en soluciones conectadas a la red. En Colombia muchas personas por desconocimiento adquieren las baterías automotrices para los sistemas de energía solar, ocasionándoles cambios cada año, y no en un periodo de 6-11 años que es la duración de las de ciclo profundo.

El bajo mantenimiento de los sistemas solares FV, hacen de esto una característica especial, al pensar en batería, normalmente se buscan que sean de ciclo profundo, libres de mantenimiento, larga duración, de tecnología GEL o AGM y de una marca reconocida en el mercado.

4.2.2 HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FV

Un científico francés llamado Alexandre- Edmond Becquerel de solo 19 años de edad descubrió en el año 1839 el famoso Efecto Fotovoltaico, al notar que la luz del sol al tener contacto con algunos elementos de la tabla periódica generaban una corriente eléctrica. Luego en 1873, el científico británico Willoughby Smith realizó experimentos con el Selenio, notó que es un elemento sensible a la luz y a la vez conducía electricidad al exponerse a los rayos solares, unos años después, en 1880, Charles Fritts fabrico la primera celda solar de Selenio sin utilizar otras sustancias.

Uno de los aspectos curiosos de la historia de la energía solar es que uno de los tantos científicos que trabajo el efecto fotovoltaico fue Albert Einstein y al principio no había una amplia aceptación de la FV como fuente de energía, y fue esa misma investigación la que le dio el premio Nobel en 1921 y no la teoría de la Relatividad.

En el año 1954, el prestigioso laboratorio Bell de Estados Unidos descubrió que el Silicio tiene una alta sensibilidad a la luz. En un hecho para poder autoabastecerse energéticamente en los viajes espaciales y satélites, la NASA en los años 60's comenzó a utilizar muchos sistemas FV. Luego de la crisis petrolera de los años 70's en Estados Unidos, muchos gobiernos empezaron a interesarse aun más por el futuro de esta tecnología.

Por más de 40 años de crecimiento en el mercado global, la energía solar fotovoltaica ha sido respaldada por gobiernos, el precio del watio del panel solar ha declinado dramáticamente, los avances tecnológicos avanzan rápidamente y la fabricación ha mejorado sustancialmente.

Actualmente, la energía solar provee electricidad a millones de hogares alrededor del mundo. Los sistemas FV han logrado crear miles de empleos como oportunidades de una economía sostenible.

Los economistas han predicho que los sistemas de energía solar FV ser la forma de energía comercial de más rápido crecimiento después del 2030. Las ventas podrían superar los 100 billones por año. No es una sorpresa que esta fuente de energía eléctrica limpia, segura, renovable y confiable, sea considerada como el futuro de la producción energética (SEI, 2008).

4.2.3 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FV

- Aplicaciones industriales.
- Aplicaciones comerciales.
- Aplicaciones residenciales.
- Telecomunicaciones.
- Iluminación.
- Monitoreo ambiental.
- Navegación área y marina.
- Bombeo de agua.
- Seguridad Electrónica.
- Cercas eléctricas.

4.2.4 SISTEMAS AUTÓNOMOS (OFF-GRID O STANDALONE)



Figura 9. Antenas que se alimentan con energía solar FV. Fuente: <http://www.lasersunenergy.com/>

Son sistemas que no están conectados a la red eléctrica convencional, normalmente se utilizan en casas con energía solar (SHS Solar Home systems), aplicaciones de telecomunicaciones en antenas repetidoras (Ver grafica 9) y seguridad electrónica, y bombeo de agua para agua potable o riego.

En muchos casos, cuando no existe la presencia de radiación solar, se requiere de un banco de baterías de ciclo profundo (Deep Cycle), especiales para su funcionamiento, no automotrices como muchos piensan en Colombia. Aplicaciones como bombeo de agua no necesitan de batería, debido a que trabajan durante el día, siendo sistemas confiables y eficientes.

4.2.5 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED (ON-GRID O GRID TIE)

Son sistemas FV que están conectados a la red eléctrica, no requieren de baterías, y la misma red le suministra energía eléctrica cuando el sistema solar FV no la suministra.

4.2.5.1 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED DISTRIBUIDA

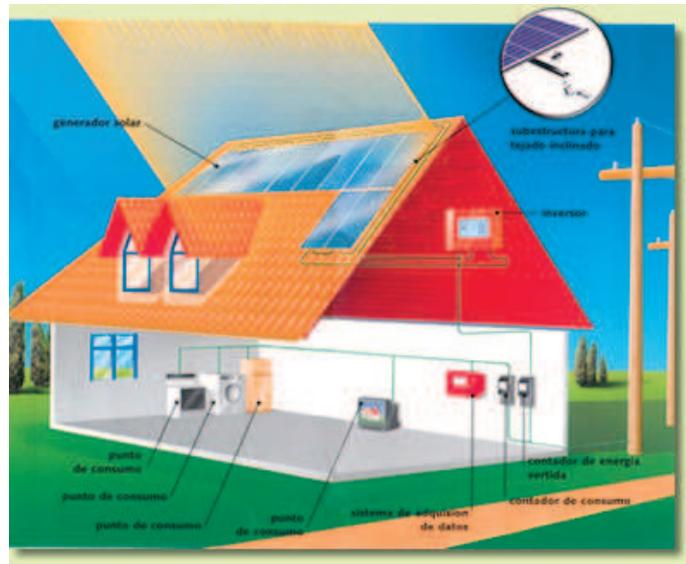


Figura 10. Sistema de energía solar FV distribuido. Fuente: www.electricasas.com

Son sistemas conectados a la red en donde los negocios o residencias pueden vender la energía bajo unos esquemas de contratos.

4.2.5.1 SISTEMAS FV CONECTADOS A LA RED CENTRALIZADA



Figura 11. Sistema de energía solar FV Centralizado. Fuente: www.urbanbox.cl

Los sistemas solares FV centralizados, son de alta capacidad en potencia, generalmente de sistemas de más de 1MW. En Latinoamérica desde el 2012 se vienen instalando estos sistemas por contratos PPA en países como Argentina, Chile y Perú.

4.2.6 VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FV

Confiabilidad: La operación continua de los sistemas solares FV es importante debido a que se evitan fallas de suministro.

Durabilidad: Los sistemas FV diseñados e instalados correctamente pueden trabajar más de 50 años con mínimo de mantenimiento. La garantía de los paneles es generalmente por 25 años por desempeño.

Bajo costo de mantenimiento: Los sistemas solares FV requieren solamente inspecciones, limpieza y un poco de otros mantenimientos.

No requiere de combustibles: Mas aparte de la energía del sol, ningún combustible se requiere.

Reduce la polución sonora: Los sistemas solares FV son silenciosos.

Independencia: Los usuarios de sistemas solares FV tienen logran independencia de los costos hacia la empresas de comercialización.

Modularidad: A medida que se necesita más potencia en las cargas, simplemente se adicionan más módulos.

4.2.7 IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA SOLAR FV

La energía solar fotovoltaica es una tecnología amigable con el medioambiente. La energía solar es gratis, limpia y renovable. Es una fuente natural que existirá por más de 5 billones de años, además de ser una opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Países como China e India, así como países en vías de desarrollo como Colombia están teniendo un crecimiento en población y económico. Desplazar 50% de todo el crecimiento en la generación térmica de electricidad por energía solar FV reducirían las emisiones de dióxido de carbono anualmente en los niveles proyectados en un 10% en 20 años y de un 32% en 50 años (Drennen, 1996).

5. EL MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL MUNDO

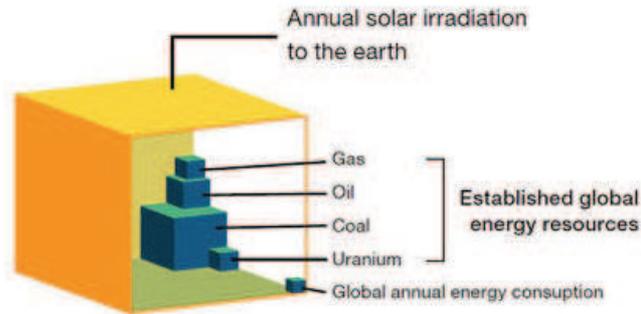


Figura 12. Comparación de la irradiación solar anual con otras fuentes de generación. Fuente: Eco Solar Equipment Ltda.

La industria global de la energía genera ingresos aproximados entre 6 y 7 trillones de dólares al año. La demanda de la energía se duplicara en el año 2050. Asumiendo que los precios de los combustibles permanezcan constantes, la industria energética global generaría ingresos por \$382 trillones de dólares en los próximos 40 años (Seba, 2009). Esto implica que las oportunidades de negocios para los empresarios globales, desde el punto de vista energético son inmensas, reconociendo además, que la fuente de radiación solar recibida anualmente por el planeta tierra es un mayor que las reservas existentes de combustibles fósiles (Ver grafica 12).

Rápidos cambios en la industria solar FV, tecnología y jugadores institucionales en la última década, han alterado dramáticamente la viabilidad económica de la FV y transformo el panorama de competitividad de la industria de la energía. Hoy la industria de la energía solar FV mueve una industria multibillonaria proviniendo energía rentable y confiable a millones de personas alrededor del mundo en mercados en crecimientos (Bradford, 2006).

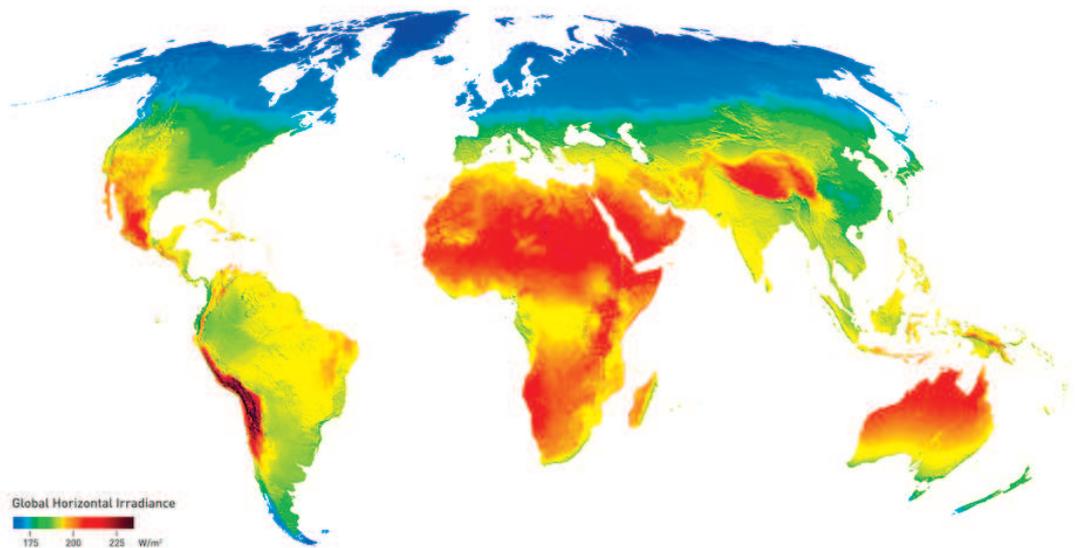


Figura 13. Mapa de irradiación solar global. Fuente: www.3tier.com

Como se observa en la figura 13, la energía solar en el mundo es abundante y no puede ser monopolizada por ningún país, además la energía solar fotovoltaica (FV) y las renovables son las únicas fuentes de energía que ofrecerán una reducción de precios más allá de un incremento en las épocas venideras (Dusonchet & Telaretti, 2010). Y en países suramericanos como Colombia por su cercanía a la línea ecuatorial y no tener estaciones climáticas tan cambiantes como en otros países favorece aun más (Ver ver Anexo B).

La energía solar FV esta reputando en los últimos años, gracias en parte a la caída dramática de los paneles solares como la de mayor crecimiento en las energía renovables. Además que en los últimos años, el mercado y las políticas impartidas por los gobiernos han favorecido a la energía solar fotovoltaica, logrando crecer a pasos agigantados. En la figura 14, se muestra el crecimiento de la energía solar FV frente a otros tipos de energías renovables.

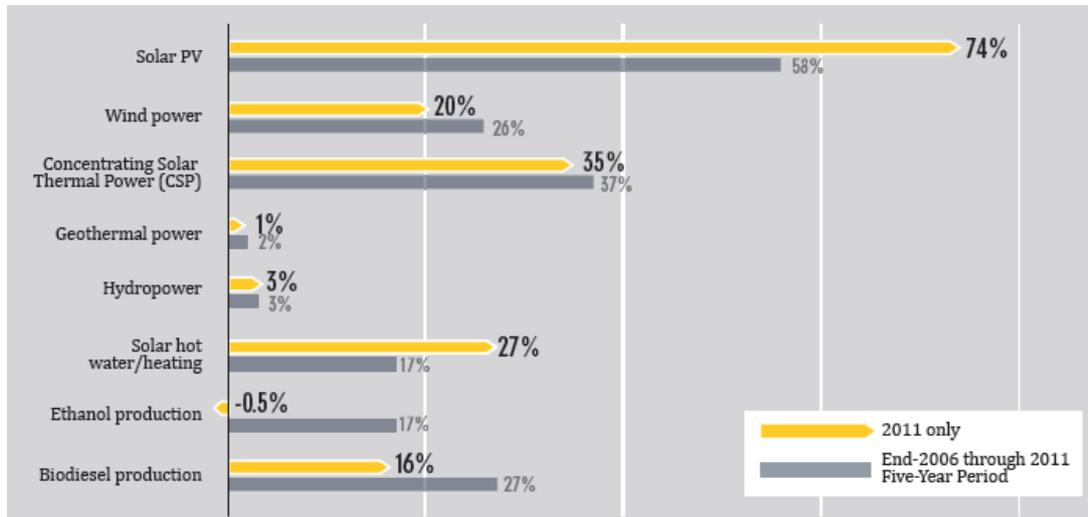


Figura 14. Tasa de crecimiento promedio de las energías renovables periodo 2006-2011. Fuente: REN21.

Tanto los proyectos de parques solares, como los sistemas comerciales e industriales, así como los Solar Home Systems (SHS) seguirán con una gran aceptación del mercado. En países de la Unión Europea como Italia y Alemania se posiciona como la número uno de las energías renovables, gracias a las políticas que manejan para masificar la energías solar FV.

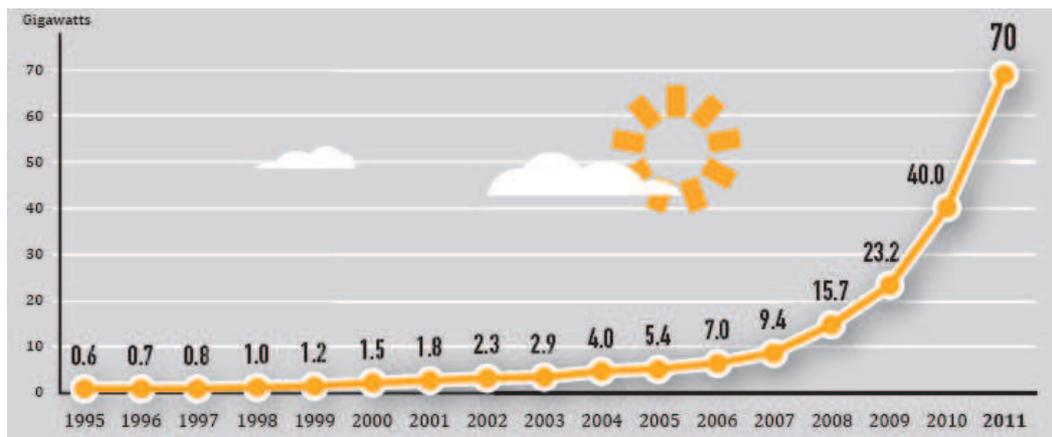


Figura 15. Crecimiento de la capacidad global energía solar FV. Fuente REN21

Podemos apreciar en la figura 15, un extraordinario crecimiento en el 2011 de la capacidad de la energía solar fotovoltaica en casi 30GW, incrementando el total global en un 74% a casi 70GW.

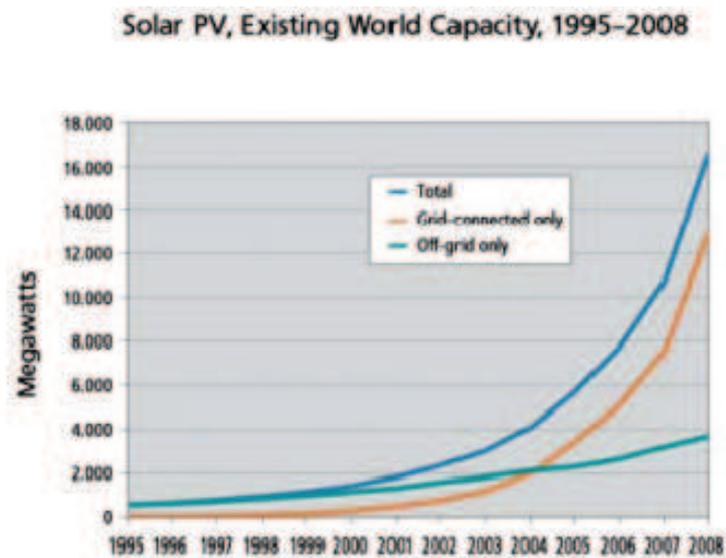


Figura 16. Capacidad FV mundial 1995-2008. Fuente REN21

En el periodo 1995-2008, observando la Figura 16, notamos como es la tendencia en crecimiento de sistemas con conexiones a la red comparando con los sistemas autónomos, aunque la primera crece más rápidamente, aun el mercado de Colombia con la off-grid puede crecer debido a las ZNI y sus muchas aplicaciones. Por la forma como está distribuida Colombia y por su geografía, ambos tipos de energía solar FV tiene un enorme potencial.

Puesto ranking global	Capacidad solar FV	Capacidad solar FV per cápita
1	Alemania	Alemania
2	Italia	Italia
3	Japón	Republica Checa
4	España	Bélgica
5	Estados Unidos	España

Tabla 2. Países top energía solar FV 2012 en el mundo. Fuente: REN21

El top de los países con el total de la capacidad instalada en el 2012, fueron Alemania, Italia, Japón, España y Estados Unidos. El Top de energía solar fotovoltaica per cápita, están Alemania, Italia, Republica Checa, Bélgica y España. La Unión Europea dominó el mercado solar mundial, gracias a Alemania e Italia, juntos agregaron al sistema casi el 57% de la capacidad instalada (Ver tabla 1).

Por primera vez en la historia, la energía solar fotovoltaica agregó más capacidad energética en la Unión Europea que cualquier otra tecnología, solo la energía solar fotovoltaica representó casi el 47% de toda la nueva capacidad en la UE en el 2011 (REN21, 2012).

Es de recordar, que en el 2001, la Unión Europea UE decidió promover las fuentes de energías renovables como prioridad para luchar contra la contaminación ambiental y conseguir más rápidamente los objetivos del protocolo de Kyoto, se decidió que un 20% de la producción energética para el año 2020 tienen que ser con energías renovables (Dusonchet & Telaretti, 2010).

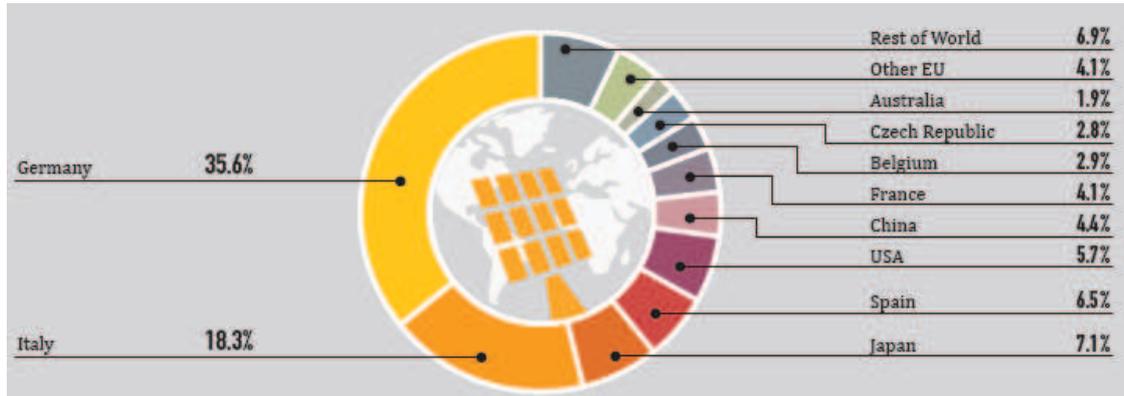


Figura 17. Participación de países según la capacidad de energía solar FV en el 2011. Fuente: REN21

Como se aprecia en la grafica 17, el más grande mercado de la energía solar FV es Alemania, debido a los resultados de las políticas del gobierno por el Feed in Tariffs FIT's para la generación de energía solar FV, agregando en el 2011 más de un millón de sistemas solares FV conectados a la red. (REN21, 2012).

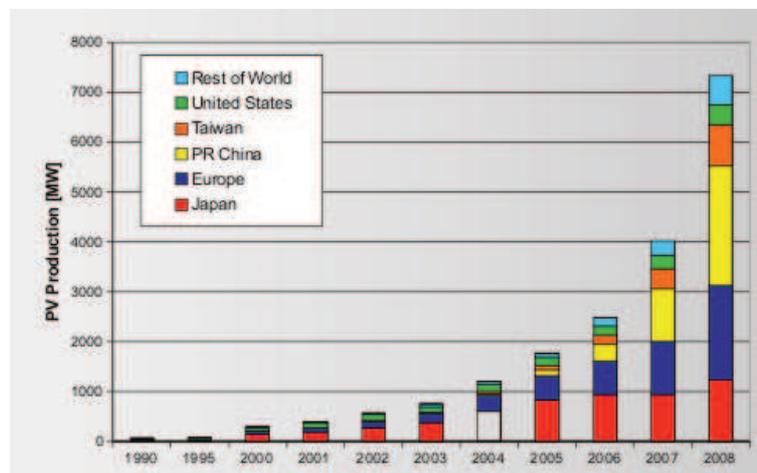


Figura 18. Producción mundial FV en MW 1990-2008. Fuente. Solarbuzz.com

FIT (Feed-in Tariffs), es un mecanismo para que los operadores de energía compren energía generada por los sistemas de energía solar FV, en la cual se paga una tarifa, que es determinada por las autoridades públicas y garantizada por un periodo de tiempo específico (Dusonchet & Telaretti, 2010). En países como Alemania donde fue introducida oficialmente el FIT en 1991, permitió por primera vez que los operadores de la red eléctrica compraran energía generada por los sistemas FV's y pagaran una tarifa preferencial (Luthi, 2010).

En América, Estados Unidos con ayuda de incentivos estatales y federales, además de la caída drástica del precio de los paneles solares, estados como California, New Jersey y Arizona han aumentado su capacidad en casi 4GW.

Es primordial mencionar el crecimiento de las instalaciones BIPV que está relacionado con el aumento de las construcciones. LEED – Colombia. Además, la gran mayoría de la capacidad instalada en el mundo es conectada a la red frente a un 2% de los sistemas stand alone o independientes.

El mercado de la energía solar FV se estima en 100 billones de dólares por año favoreciendo cada vez más a los instaladores y consumidores, pero por la caída del precio por watio (Ver grafica 19) de los paneles solares desfavorece a los fabricantes (REN21, 2012).

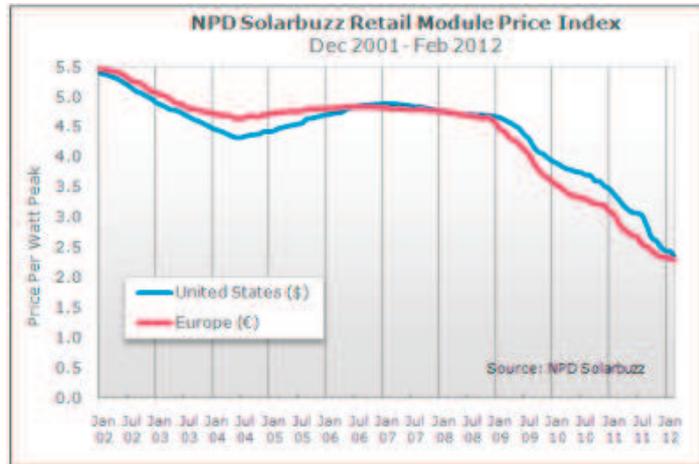


Figura 19. Caída de los precios del Watt en USA y Europa 2002-2012. Fuente: www.solarbuzz.com

Las reducciones de los precios por watt han venido decreciendo debido a las economías de escala asociadas con el incremento de la capacidad de producción, innovaciones tecnológicas, competencia entre los fabricantes y la caída del precio del silicio. Los paneles de silicio policristalino continúan en crecimiento frente a los monocristalinos y película delgada, debido al aumento de su eficiencia y el bajo costo de fabricación (REN21, 2012).

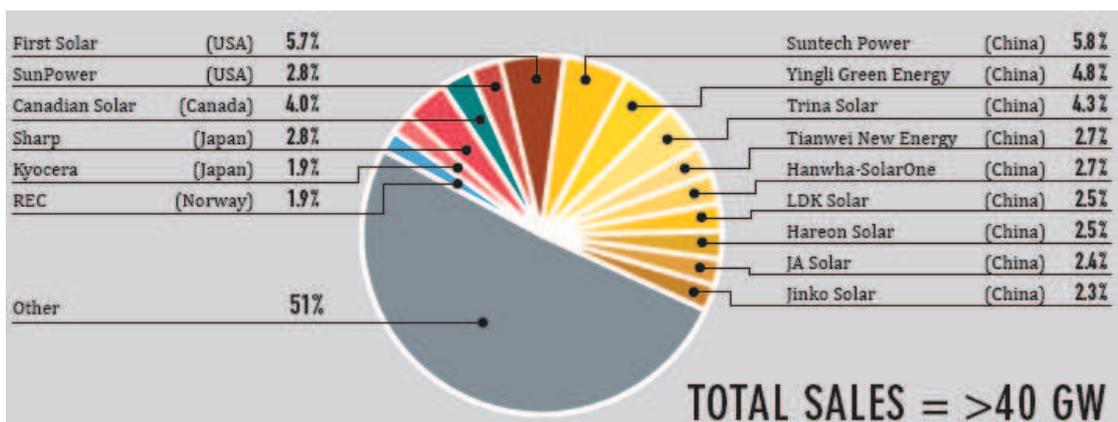


Figura 20. Porcentaje de ventas de los principales fabricantes de paneles solares. Fuente: REN21.

En la década pasada, los líderes en producción saltaron de Estados Unidos a Japón, y luego a Europa y ahora a Asia. Como se aprecia en la figura 19, el top 15 de los fabricantes vendieron el 49% produciendo 34.8GW a nivel mundial. En el 2011 se contabilizaron más de 250 productores de obleas de silicio, solo en China más de 650 fabricantes de paneles solares. Entre el 2011 y 2012, se destaca que se presentaron interesantes bancarrotas de empresas como Solyndra (Fue líder en película delgada- Thin film), Q.cells (Fue uno de los líderes a nivel mundial) donde declararon insolvencia financiera. (REN21, 2012).

Por otro lado, la rápida industrialización de países como China e India están provocando que sean los consumidores de energía de más rápido crecimiento. Como resultado en la actualidad ambas naciones compiten contra países desarrollados en la búsqueda de acceso a los recursos del mundo. A medida que la industria, el uso personal de automóviles y la población continúan expandiéndose en las décadas por venir, las secuelas ecológicas pueden afectar a todo el planeta si los líderes no actúan para *adoptar* tecnologías y prácticas más respetuosas de la ecología. En China, la energía puede ser el talón de Aquiles del gobierno, a muchos burocratas no les interesa las consecuencias del uso de los combustibles fósiles, los chinos saben que tienen un problema, emitieron una política energética hasta el 2020 a la que llamaron “estrategia del salto de la muerte”. Los objetivos incluyen asegurar más suministros provenientes del extranjero, reducir la fijación del carbono, incrementar dramáticamente el uso de gas natural, construir más generadores hidroeléctricos en las vastas redes fluviales del territorio continental, modernizar las redes de electricidad y estimular la producción de energía solar y eólica (Engardio, 2008).

Tony Seba, consultor y profesor de energía sostenible de la escuela de negocios de Stanford identifico las siguientes oportunidades de mercado:

Sector	Valor en dólares
Empresa de suministro de energía solar/ Utility-Scale Solar	\$9.0 Trillones
Industria solar / Industrial-Scale Solar	\$7.1 Trillones
Energía solar islas y veredas / Island-Village Solar	\$2.6 Trillones
Energía solar comercial y residencial / Home - commercial Scale solar	\$8.7 Trillones
Purificación de agua solar / Solar clean water	\$1.5 Trillones
Energía limpia almacenada / Clean energy Storage	\$5 Trillones
Transmisión & Red Inteligente / Transmision & Smart Grid	\$6.5 Trillones
Total oportunidades de mercado / Total Market Opportunities	\$35.4 Trillones

Tabla 3. Oportunidades de mercado de la FV por Tony Seba. Fuente (Seba, 2009)

5.1 LA CADENA DE VALOR DE LA ENERGÍA SOLAR FV



Figura 21. Cadena de valor de la Industria solar FV. Fuente: Deloitte Research, solarplaza.com

Son muchos los roles que tiene la industria de la energía solar FV en el mundo. Como sucede en muchos países, la industria FV contribuye significativamente al mejoramiento del comercio doméstico e internacional. La FV contribuye a la tecnología, fabricantes, investigación, educación, instalación y energía limpia.

En la figura 21, se puede observar la cadena de producción FV de los soportes requeridos para implementar y desarrollar los sistemas FV. Los fabricantes de componentes solares trabajan con la materia prima (Silicio), la producción y ventas de los lingotes, no siempre son los que ensamblan los paneles solares. Los distribuidos e instaladores, además de trabajar en conjunto con los fabricante de paneles, se encargan de ofrecer los dispositivos de Balance of Systems BOS (Balanceo del Sistema) donde se encuentran los inversores, las baterías y todo el cableado para ser instalado al usuario final, sea residencial, comercial o industrial.

Los consultores administradores, arquitectos, ingenieros, administradores de proyecto tienen que trabajar en conjunto con los integradores e instaladores para tomar un importante rol, de enlazar la tecnología con el cliente. Es claro que en Colombia, como sucede en muchos países, se tienen que crear estándares, excelentes entrenamientos y cursos que definirán el éxito en la industria.

Es clave que los mercados de capital y los banqueros provean capital para financiar la fabricación y la instalación hacia los usuarios finales de los sistemas FV. A su vez, una investigación y desarrollo I+D activa soporta todo el éxito de la tecnología. La Investigación y Desarrollo facilita las necesidades cambiantes y también a que universidades provean educación y productos para los sistemas

solares FV del mañana, además de nuevas fuentes de trabajo que van creando en la industria solar.

Muchas industrias y organizaciones se benefician de la tecnología solar FV. Dentro de esta industria solar se encuentra todo tipo de profesiones, economistas, politólogos, ingenieros, arquitectos, administradores, en la cual aportan ideas, soporte y productos para el desarrollo de la energía solar FV.

6. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA

Colombia en los últimos años está presentando un crecimiento económico, ha venido ganando en seguridad y estabilidad institucional en comparación con décadas pasadas, pero aun así se refleja un lento crecimiento de la energía solar fotovoltaica, ya no solo debemos compararnos con países potencia europeos como Alemania, Italia o España, asiáticos como China, Japón o Corea del sur, o el mismo Estados Unidos, sino con países de la región latinoamericana como Chile, Brasil, México, Argentina y Perú que han venido implementando interesantes megaproyectos con ayuda de incentivos económicos y voluntad política como fuente de generación limpia, segura y rentable.

Colombia por su ubicación privilegiada cerca a la línea ecuatorial tiene una alta radiación solar que no ha sido valorada, pero si identificada con satélites y estaciones meteorológicas ubicadas en aeropuertos o en empresas. Además, por la misma topografía se tiene potencial tanto en la conectada a la red en el sector residencial e industrial urbano, así como también en sistemas aislados rurales llamados ZNI (Zonas No Interconectadas) donde empresas de distribución de energía no les resulta rentable ni confiables instalar sus sistemas. En realidad existe una desinformación preocupante en general de que la energía solar en Colombia solo se utiliza para alimentar radios, antenas satelitales y equipos de comunicaciones, electrificación rural y algunas aplicaciones industriales, y no se reconoce debidamente sus muchas otras aplicaciones como fuente de generación de energía. Más aun cuando la energía solar en Colombia aun no ha sido valorada por el gobierno y grandes compañías, a pesar del excelente recurso solar con que cuenta Colombia. El punto transcendental es que el gobierno y muchas grandes

compañías no han logrado identificar el potencial, y hace que aun estemos ante un gran mercado mundial en la cual no debemos estar ajenos.

En su discurso de su posesión en la plaza de Bolívar en Bogotá en el 2010, el presidente Juan Manuel Santos mencionaba “En este nuevo amanecer nuestro país se destacará en los temas más importantes para la humanidad, como el uso sostenible de la biodiversidad, *las energías limpias,...*”, hoy en día muchos presidentes de naciones vienen hablando y ganando votos con las energías renovables, especialmente la energía solar, tal es el caso de Dilma Rouseff que en su discurso de posesión describió “Somos y seremos los campeones mundiales de energía limpia, un país que siempre sabrá crecer de forma saludable y equilibrada. El etanol y la energía hidráulica tendrán grandes incentivos, así como las fuentes de energía alternativa como: la biomasa, la eólica y la solar” y del actual presidente de México Peña Nieto “El Estado debe promover y estimular la inversión el sector privado. Se debe generar energía más barata y combustibles más económicos y menos contaminantes”.

Colombia parte de una posición rezagada con la energía solar FV, en donde las centrales hidroeléctricas y térmicas dominan plenamente el panorama energético, tal como sucede en muchos países en vías de desarrollo (Ver Figura 22), es quizás ese nuevo amanecer el que ha despertado que en los últimos años se vean cada vez más proyectos relacionados con energía solar fotovoltaica. Uno de los factores preocupantes es que muchas compañías eléctricas han hecho lobby para no favorecer ni interesarse en este tipo de energías, donde seguramente el camino por seguir no será fácil como en muchos países donde la energía solar es prioridad nacional.

Según el Banco Mundial, Colombia ha crecido a una media anual de 4,1 % en la última década y ocupa el tercer país en Latinoamérica donde es más fácil hacer negocios. Por un lado, Colombia va a necesitar más y más fuentes de generación para mantener su crecimiento, pero por otro es que a la vista estas no vendrán de la solar fotovoltaica.

De los 41.000 Gigavatios hora demandados en el año 2000 se ha pasado a 56.000 Gigavatios en el 2010, un 26% más. La gran mayoría es generado por dos fuentes de generación, un 65% corresponde a energía hidroeléctrica y un 32 % a térmica. Además, la generación térmica ha ganado peso en estos años debido a las sequias de 1992 y 1993 asociadas al fenómeno de El Niño. En este periodo la térmica ha pasado de generar un 20 por ciento del total a 32 por ciento actual. Bajo este contexto la energía solar fotovoltaica no muestra signos de ser una prioridad gubernamental, lo cual es preocupante por la tendencia mundial y por la integración del sistema energético.

En el año 2010, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del Ministerio de Minas y Energía presentó un amplísimo informe de 735 páginas denominado Formulación de un Plan de Desarrollo para las fuentes no Convencionales de energía en Colombia (PENCO). En el apartado de potencias de energía solar fotovoltaica, se cita “Existe gran potencial de este recurso en el país, dada su localización entre latitudes 5 grados de latitud Sur (Leticia) y 13,5 grados de latitud Norte (San Andrés), un régimen de radiación solar con muy poca variación durante el año, y con promedios diarios mensuales que varían de región a región entre 4 kWh/día/m² y 6 kWh/día/m² según el Atlas de Radiación Solar de Colombia”. Si se comparan estos valores con los de regiones de máxima radiación a nivel mundial (por ejemplo, desierto del Sahara), encontramos que el país tendría

entre el 58% y el 85% de estos valores máximos. Estos valores indican ser suficientes para tomar decisiones políticas.

Irremediablemente llegara a Colombia como en Europa y Estados Unidos la energía solar FV, razón por la cual toca estar preparados con esquemas de medición neta con contadores bidireccionales, es necesario definir las condiciones técnicas y comerciales sin recelo por parte de las compañías distribuidoras y comercializadoras de energía. El plan tiene que proponer instalar sistemas pilotos de medición neta, donde se estipulen la cantidad de sistemas a instalar y un excelente cronograma.

6.1 SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

Desde el año 1995, se desregularizo el sector energético en sus áreas de generación, transmisión, distribución y comercialización eléctrica. Las leyes 142(Ley de servicios públicos) y la ley 143 (Ley de Electricidad) de 1994 definen la estructura de dicho mercado.

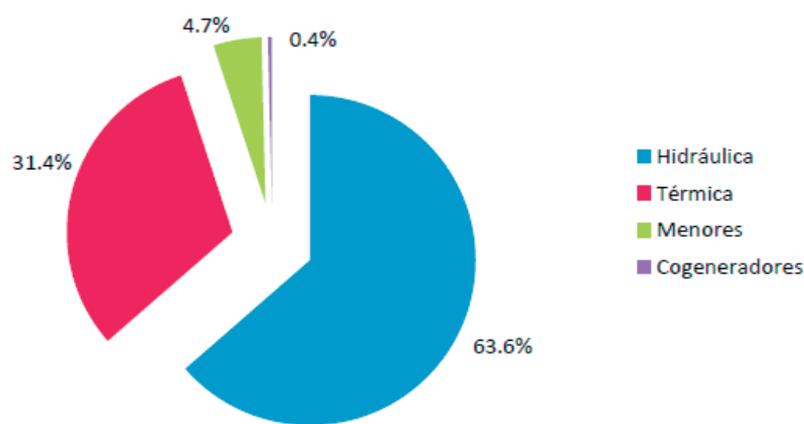


Figura 22. Participación por tipo de planta generadora en Colombia 2012. Fuente www.siel.gov.co

En el apartado de generación el país contaba en el años 2010 con 13.289 megavatios de potencia, los cuales se repartían en dos tipos de fuentes: termina con 4.089 megavatios e hidroeléctrica con 8.525 megavatios. Fuera de esta dualidad energética apenas hay cabida para otros tipos de energías, la eólica 19.5 megavatios, la pequeña hidráulica o cogeneración con 650 megavatios. Aunque no existen mediciones reales de las solar fotovoltaicas se habla de más de 9 megavatios, en sistemas aislados a la red, en realidad en países como Colombia es muy difícil cuantificar tal cifra.

Aunque en dicho mercado de generación existen casi 41 empresas, la realidad es que existe un oligopolio de 6 grandes empresas generadoras que controlan el 83%. La principal generadora es EPM, empresas públicas de Medellín con un 22% y propiedad del municipio de Medellín, además de operar el parque eólico de Jepirachi, Guajira con 19.5MW. La otra principal eléctrica es Emgesa SA filial de la multinacional Endesa que opera un 20%. En transmisión y distribución, se encuentra ISA Interconexión Electrica SA que pertenece al gobierno. Finalmente el mercado de la comercialización, tres empresas tienen un 63% de participación. EPM con 23% Codensa filial de la española Endesa Energía que opera en Bogotá con 22% y Gas natural con el 18%.

Las productoras y comercializadoras operan en el mercado mayorista o bolsa que viene regulada por la comisión de regulación de energía y gas. Actualmente el precio por kw hora ronda 25 y 120 pesos. Los proyectos menores a 20MW no pueden vender energía a la bolsa, lo que hace poco rentable el uso de fuentes alternativas.

Pros

- Excelentes condiciones de irradiación por la cercanía a la línea ecuatorial.
- Se presenta una economía creciente y una mejor estabilidad política.
- El nuevo gobierno de Santos se muestra más receptivo que el anterior respecto a las renovables, el actual director de energía del ministerio de Minas y Energía, Alonso Cardona, conoce del tema de energías renovables y ha favorecido más que nunca la energía solar FV.
- El crecimiento del sector de la edificación sostenible BIVP ofrece oportunidades para la energía solar fotovoltaica.
- Algunas empresas de distribución eléctrica comienzan a contemplar esquemas de medición neta. En los últimos años se ha incrementado rápidamente el número de empresas que ofrecen servicios fotovoltaicos.
- Una de las claves del éxito mundial de las energías renovables es la capacidad para generar trabajos, se estima que en el mundo han generado alrededor de 5 millones de nuevos trabajos.

Contras

- Falta de normatividad e incentivos que permitan la conexión a la red fotovoltaica y una adecuada instalación de los sistemas.

- La nueva potencia planificada será térmica y grandes centrales hidroeléctricas descartando a energías renovables, no se tiene contemplado un plan a futuro del uso de la energía solar FV.
- Imposibilidad de operar plantas fotovoltaicas fuera del mercado mayorista.
- Escasa penetración y aceptación de los sistemas fotovoltaicos en zonas rurales.
- Desconocimiento sobre el uso e instalación de la tecnología solar.

6.3 ENERGÍA SOLAR PARA LAS ZONAS RURALES DE COLOMBIA

En Colombia el mercado es mayoritariamente off-grid. La Energía solar puede contribuir para el desarrollo social y económico de millones de personas que no tienen acceso a la red eléctrica convencional. Tendrían así beneficio a servicios esenciales como la iluminación, el agua potable, la salud, a educación y la telecomunicación, entre otros. En la Asamblea del Milenio de las Naciones Unidas, realizada en el año 2000, la comunidad internacional adoptó los ocho objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Se lograron objetivos claros y ambiciosos a los que las energías renovables, y en especial las aplicaciones solares fotovoltaicas, pueden aportar enormemente.

La energía solar fotovoltaica que convierte la energía del sol a energía eléctrica ha madurado en la última década. Ahora es ampliamente implementada y sus distintas aplicaciones viables se extienden mucho más allá de los servicios a comunidades alejadas.

El aumento de la demanda y la volatilidad de los precios en los combustibles fósiles, así como la disminución drástica de los precios de los módulos solares,

hacen que las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica tengan más ventajas competitivas en un creciente número de escenarios, teniendo una base de desarrollo sostenible como prioridad al eventual cambio climático.

Gracias al rápido desarrollo de la industria de la electrónica, los sistemas solares hacen que sean cada vez más viables pero se necesita colaboración para su masificación, ya sea por medio del Estado o de organizaciones privadas, mediante inversiones para la financiación, ejecución y sostenimiento de los proyectos. Esto ha estado ocurriendo en muchos países que han cambiado su sistema energético hacia energías renovables. Alemania, por ejemplo, con su política de Feed-in tariff, ha logrado un aumento histórico de usuarios que implementan la energía solar como fuente de generación de energía, además de venderla.

Aunque muchas personas en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo ya tienen acceso a alguna forma de electricidad, en muchos casos no es energía de alta calidad ni un servicio constante. Alrededor del planeta, muchos hogares usan baterías automotrices para hacer funcionar luces, radio e incluso un televisor, sin tener presente el costo medioambiental de cambiarlas y recargarlas constantemente. Después de la iluminación, la televisión representa la segunda necesidad de los hogares en las zonas rurales. Sabemos que existen ventajas y desventajas de llevar la televisión a los hogares rurales y más aun a las zonas donde no las tienen este tipo de tecnologías.

La TV permite a la gente más acceso a la información y a una importante fuente de entretenimiento. Además, se puede utilizar para educación de adultos y programas de capacitación. Se ha demostrado que la televisión disminuye la tasa de migración a las ciudades, y es un factor decisivo en el descenso de la tasa de

natalidad. Sin embargo, la televisión puede empeorar la calidad de vida de las personas. La televisión, no utilizada correctamente, puede llevar a un desencanto de la vida rural, a la disminución de la socialización en la familia y a la desaparición de los valores tradicionales. Está científicamente demostrado que influye en la disminución del sueño, pero, en algunos casos, ha sido decisiva en el incremento de la tasa de migración a las ciudades debido a la idealización del mundo urbano, según los medios de comunicación.

Otra enorme e interesante aplicación de la energía solar en los países en vías de desarrollo es la salud. Soluciones de energía solar pueden hacer funcionar equipos médicos y dentales, sistemas de purificación de agua y unidades de desalinización y los refrigeradores para las vacunas. Tres millones de niños mueren cada año por enfermedades que pueden ser prevenidas con vacunas en el momento y lugar adecuado. Las vacunas deben mantenerse en un determinado rango de temperatura con el fin de seguir siendo efectivas. Un refrigerador de vacunas pequeñas puede funcionar simplemente con uno o dos módulos solares. La educación puede ser mejorada en gran medida con el acceso a la electricidad.

El acceso a las luces, computadoras y videos puede mejorar el conocimiento, aumentar la familiaridad con las noticias y la información, y permitir a las personas recibir clases nocturnas, y ahora más con el uso de la Internet.

En Filipinas se descubrió que los niños de los hogares electrificados ganaron cerca de dos años más en los logros educativos que los niños de hogares no electrificados, debido a la mejora de las condiciones de estudio durante la noche. Igual que en la salud, es difícil atraer y retener a educadores capacitados en las áreas rurales y zonas sin electricidad.

Para las personas que viven en países en vías de desarrollo, la energía solar puede significar no solo mejoras en la calidad de vida. A veces marca la diferencia entre la vida y la muerte. Sabemos que en el mundo existen personas que viven en malas condiciones: 1.3 billones de personas no tienen acceso a agua potable, 1.6 billones de personas no tienen acceso a la electricidad, más de 1.2 billones de personas viven bajo la línea de pobreza internacional, ganando menos de \$1 dólar diario. Para los 1.9 mil millones de niños que viven en los países en vías de desarrollo, la situación es aún peor. Uno de cada 3 niños no tiene un lugar que lo albergue adecuadamente, 1 de cada 5 no tiene acceso a agua potable y 1 de cada 7 no tiene acceso a los servicios de salud básicos. Muchas de las cifras anteriores se deben directamente al acceso que tienen las personas a la energía.

El Índice de Desarrollo Humano (HDI, en sus siglas en inglés) es una forma de medir y comparar la expectativa de vida, alfabetismo, educación y estándar de vida en distintos países en el mundo. El HDI se ha mostrado una y otra vez para relacionarlo directamente con la cantidad de energía utilizada por persona. En otras palabras, salvo pocas excepciones, mientras más acceso tengan las personas a la energía, más alta es su expectativa de vida, índice de alfabetismo, etc. Afortunadamente, tenemos la forma de entregar el acceso a la energía tan requerida por las personas en las áreas rurales subdesarrolladas. En el mundo, estas personas tienen acceso a la radiación solar. Estos recursos renovables pueden ayudar a mejorar la vida de las personas proporcionándoles acceso a la energía, mejorando así la educación, la salud, la agricultura y el transporte.

Con una modesta cantidad de dinero, tiempo y esfuerzo, se puede crear gran impacto en las familias. Y si un buen trabajo es realizado, barrera que toca mejorar en Colombia debido a que en muchos casos no se hacen las instalaciones

adecuadas, en especial en las Zonas No Interconectadas (ZNI), los sistemas serán un ejemplo para otras comunidades logrando sostenibilidad, más alta calidad de vida y uso masivo de la energía solar.

El cambio climático inducido por el hombre, los ciclos de deforestación, la hambruna y la pobreza son resultados de nuestro insaciable apetito energético que no es nuevo. Los humanos han vivido con estos problemas por siglos, solo que la diferencia es que estos problemas hoy en día han acelerado ha escala y con repercusiones potenciales a las proporciones globales (Bradford, 2006).

La Alianza para la Electrificación Rural (Alliance for Rural Electrification) reporta que alrededor de 3 billones de personas en el mundo, aun cocinan y calientan sus casas con chimeneas y estufas de combustión de biomasa (madera, estiércol y residuos agrícolas) y carbón, causando problemas serios de salud, mayormente entre mujeres y niños. 2 billones de personas carecen de energía eléctrica en hogares de países en desarrollo para sus necesidades básicas y crecimiento económico. Estas personas no tienen acceso a buena salud y educación (Foster, 2009).

De los hogares que no están conectados a la red eléctrica, aproximadamente el 10% usan baterías de automóvil para el almacenamiento de la energía, de acuerdo a un reporte publicado por el Banco Mundial. Todos los combustibles fósiles tienen un alto costo social, ambiental y económico.

Además de incrementar la polución del aire, tienen también un impacto ambiental para la extracción y el transporte, la electricidad basada en este tipo de combustibles es suficientemente costosa para las personas que no tienen acceso a la red eléctrica y que devengan ingresos mínimos. El diesel y la gasolina no son

económicos para las personas que requieren transportarlos tanques desde donde los compran hacia las áreas donde viven.

En el caso de la Región Caribe, existen áreas donde comprar combustible o recargar baterías para la generación de energía toma horas ya sea por bus, caballo, carro, lancha o motocicleta. Los sistemas solares domésticos (SHS, en inglés) con sólo uno o dos fotovoltaicos (FV) pueden proporcionar electricidad suficiente para estudiar, cocinar, trabajar y socializar. Los beneficios de esta pequeña cantidad de electricidad son numerosos. No sólo van a reemplazar productos peligrosos. Van a mejorar, en gran medida, la educación, la salud y las economías.

Energía Solar Fotovoltaica para los países en vías de Desarrollo, en realidad se puede lograr mucho más por menos. Una modesta inversión en tecnologías de energías renovables pueden significar cambios radicales en educación, ingresos y bienestar. Una de las principales tecnologías de energías renovables usadas en los países en vías de desarrollo es la energía solar fotovoltaica. En muchas áreas rurales utilizan velas o querosene para la iluminación o hasta baterías de carros para luces DC. Un pequeño y simple sistema solar con luces eléctricas puede proveer mucho más con mejor calidad de iluminación, eliminando los costos continuos de comprar velas o combustible.

Los primeros en utilizar este tipo de tecnologías en los países en vías de desarrollo fueron las escuelas, clínicas y centros comunitarios, luego las personas que vieron la energía solar funcionando exitosamente comenzaron a adoptarlas en sus hogares. Aunque los sistemas de iluminación con energía solar son comunes, las aplicaciones de la energía solar no finalizan allí, también se aplican para bombeo

de agua, refrigeración, telecomunicaciones y generación de electricidad para electrodomésticos y diferentes dispositivos eléctricos.

Muchos de los sistemas de energía solar adoptados para los países en desarrollo a menudo tienen uno o varios módulos solares, un controlador con medidor, una batería de ciclo profundo, un inversor, cableado y conectores, de hecho es de destacar que el precio de los módulos solares ha bajado 50% en los últimos años. La mayoría de las partes son durables a largo plazo si se instalan correctamente. La batería de ciclo profundo puede ser reemplazada en un plazo de cinco a ocho años, dependiendo de la calidad y del cuidado con que se le realice. Debido a que la mayoría de las soluciones solares en los países en vías de desarrollo son independientes de la red eléctrica convencional, los usuarios deben ser educados en los límites del sistema, creándoles, además, un compromiso social.

Sin embargo, en la actualidad somos muy afortunados al tener sistemas de energías renovables que permiten que muchas personas dejen atrás los combustibles fósiles y tomen impulso hacia el futuro. Realmente, un poco de electricidad significa mucho para personas que nunca la han tenido. Sin duda, las tecnologías de energía solar, junto a la construcción ecológica, serán claves en el futuro de millones de personas en el mundo. Los sistemas FV están identificados como la mejor fuente económica de generación de energía descentralizada para contribuir al desarrollo rural (Adurodua, 1998). El desarrollo de la energía sostenible en las zonas rurales se ha incrementado internacionalmente en los últimos años. Esto es debido a muchos factores, pero principalmente dos: reducir la trampa de pobreza en los países en vías de desarrollo y lo concerniente al tema del calentamiento global (Lundgren, 1999).

Las regiones con potencial más elevado son la Costa Atlántica al norte del país, especialmente La Guajira, la región de Arauca y parte del Vichada, las regiones de los valles del río Cauca y del río Magdalena y la región insular de San Andrés y Providencia. (IDEAM, 2005).

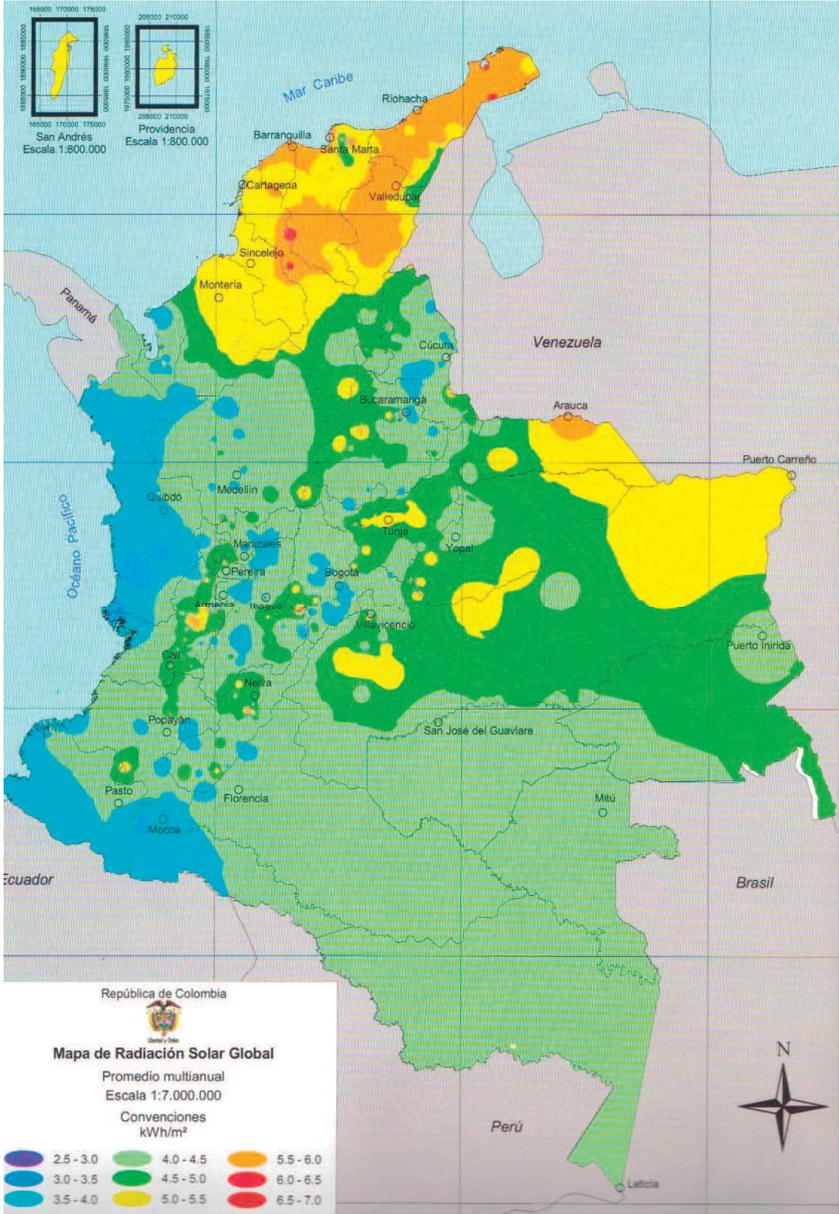


Figura 24. Mapa radiación solar Colombia. (IDEAM, 2005)

6.4 LA ENERGÍA SOLAR COMO ESTRATEGIA CORPORATIVA EN LAS EMPRESAS COMERCIALES E INDUSTRIALES EN COLOMBIA

Empresas como Yahoo gasta aproximadamente 100 millones de dólares al año en energía, el segundo mayor gasto después del pago de los empleados. Google gasta más de medio millón de dólares en energía por sus datacenters, y por otro lado invierten en empresas de energía solar como eSolar y Brigtsolar (Seba, 2009).



Figura 25. Sistema de energía solar FV en el Headquarter de Google en Mountain View, CA.

Fuente: google.com

Existe un concepto que cada día toma más fuerza por su potencial y flexibilidad en las empresas comerciales que es el BIPV (Building Integrated Photovoltaic), consiste en instalar energía solar fotovoltaica como parte de la estructura de los edificios, y que toma más auge debido a certificaciones como LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) en Colombia maneja el Concejo Colombiano de Construcción Sostenible que es una certificación para edificios sostenibles. Generalmente las ventajas que manejan el BIPV están relacionadas con el

almacenamiento de energía, la creación de valor adicional y de mejorar estéticamente la estructura (Al igual que la eólica, la energía solar FV tiene fama de ser fotogénica).

La importancia del tema energético para una empresa industrial actual es crítico y trascendental, debido al costo y aumento del precio del Kwh a pagar en los próximos años, además de la confiabilidad de tener una energía continua para no interrumpir sus procesos, y además por la Responsabilidad Social Corporativa. En ciudades como Cartagena (donde la radiación solar es alta y con días soleados gran parte del año), si analizamos el consumo energético del sector industrial y lo comparamos al residencial, el primero es mucho mayor, poco a poco, muchas empresas en Colombia están implementando la energía solar en su instalaciones por su modelo de negocio, además de reconocer el potencial de esta tecnología.

La empresa Solen Technology diseño e instalo en diciembre del 2012 el sistema con mayor capacidad fotovoltaica en Colombia con 104Kw (360 paneles solares de 300W), en la empresa multinacional Nestle ubicada en Dosquebradas Risaralda. A pesar de Colombia no posee un esquema como el FIT o NET Metering, muchas empresas de forma planificada invierten en energía solar debido sus políticas de RSE, a la caída drástica de los precios de los paneles solares, a la confiabilidad del sistema y a la alta radiación solar que tienen gran parte del país.

En muchas empresas industriales que manejan esquemas de tiempo de 12 horas (Lo que se denomina *Part Time*), durante el día, el panorama es aun mejor por la inyección de energía por el sistema solar FV va directamente a las cargas utilizadas en la empresa en un porcentaje específico. Por otro lados, en casos donde la empresas industriales trabajen 7x24, cuando el sistema solar FV no trabaje, la red

entra a suprimir o en casos específicos un banco de baterías. Este modelo en las industrias está siendo exitoso debido a que muchas empresas les favorecen el tema de la energía solar FV, tejados y/o terrenos subutilizados, eficiencia de energía, y energía limpia, segura y confiable generada localmente.

Es importante revisar y discutir públicamente las estrategias industriales de introducción de mercado de la energía solar que han sido practicadas o aplicadas en el pasado (Bubenzer, 2002). Para el sector industrial, los principales propósitos que soportan el desarrollo de los sistemas de energía solar FV son: Promover la independencia energética, Creación de trabajo de alta tecnología, Reducciones de emisiones de CO₂, y una excelente oportunidad para el sector industrial. Por que más del 30% de sus gastos son relacionados con el consumo energético. (Dusonchet & Telaretti, 2010).



Figura 26. Arreglo de 104 KWde paneles solares en Nestle Colombia en Dosquebradas, Risaralda.
Fuente: solentechnology.com



Figura 27. Sistema de Inversores SMA en Nestle Colombia. Fuente: solentechnology.com

Es primordial que empresarios y administradores sepan para sus negocios de energía solar para de una u otra forma la aprovechen como ventaja competitiva frente a sus rivales. Muchos empresarios colombianos tienen el reto de replantear su modelo energético en sus empresas direccionándoles hacia la sostenibilidad, sabiendo que el mundo desde el punto de vista de los negocios ha cambiado en las últimas décadas por razones económicas, políticas y socioculturales.

La humanidad tendrá que construir una infraestructura de multiterawatt usando principalmente (No exclusivamente) la energía solar. Esta infraestructura de energía limpia generara oportunidades de negocios para las compañías, industrias y países. Las oportunidades de mercado son de trillones dólares. Los gerentes, emprendedores, compañías e industrias que estén capacitados a conducir sus países en la carrera de energía limpias serán los ganadores del siglo XXI (Seba, 2009).

7. ESTUDIO DEL MODELO DE MARKETING CONCEPTUAL PARA LA ADOPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA

El modelo de marketing conceptual para la adopción de la energía solar FV de Raja Peter, es un modelo moderno que se acopla para países en vías de desarrollo como Colombia, país que tiene un enorme potencial en esta tecnología. A continuación analizaremos las variables en Colombia:

7.1 MOTIVACIÓN

Muchos directivos plantean que el solo hecho de sentir libertad frente al proveedor/comercializador de energía eléctrica genera motivación. Además, los gerentes pueden considerar la energía solar FV como una alternativa económicamente viable con efectos altamente positivos al medioambiente, en donde Colombia queda un trabajo pendiente con el empresario nacional para que conozcan este tipo de tecnologías y sean consientes de sus aplicaciones y beneficios. La motivación precede interés o persuasión, luego la motivación no es prenda de garantía para desarrollar interés en una solución en particular, debido a que los gerentes pueden estar muy motivados por resolver los problemas de la compañía, pero aun así pueden llegar a estar interesados en otras tecnologías.

Las inversiones en créditos fiscales (*investments tax credits*) son los incentivos más comunes del mercado y han demostrado una habilidad para *motivar* al sector privado en invertir en nuevas tecnologías. Se revelaron que los motivos dominantes para invertir en un sistema solar FV son de protección ambiental, alternativa a la energía nuclear, e interés técnico y la disponibilidad de incentivos financieros (Haas & Ornetzeder, 1999). Además en Colombia la falta de exenciones

de impuestos a las importaciones en todos los componentes del sistema solar FV desmotiva (Exceptuando los paneles solares).

En Colombia a nivel industrial el concepto de autogeneración con energía solar aun es visto como del futuro. Son pocos los factores que *motivan* a las personas en Colombia para adoptar la energía solar fotovoltaica. Los incentivos al usuario final son pocos por no decir que inexistentes, las empresas que la implementan en sus instalaciones, lo hacen por Responsabilidad Social Empresarial en sistemas conectados a la red eléctrica convencional (on-grid) y/o en soluciones autónomas (off-grid) donde el suministro y la confiabilidad de la energía es viable. En el caso de las multinacionales presentes en Colombia, principalmente las europeas, lo hacen por políticas de la casa matriz de sostenibilidad ambiental, para un mejor manejo de la imagen corporativa y por una rentabilidad que cada vez es más interesante.

Aun cuando en Colombia prevalece los pequeños sistemas de energía solar fotovoltaica autónomos para aplicaciones en zonas rurales y urbanas en telecomunicaciones, seguridad electrónica, refrigeración, iluminación y otras cargas, realmente no ha entrado en el boom de la energía solar conectada a la red, en donde ya muchos países de la región como Brasil, Chile, Ecuador, Perú, Méjico ya entraron a implementarla con éxito, y es que sencillamente consiste en un proceso de negociación en donde el usuario vende energía, a que empresa o residencia no le gustaría?. Empresas de energía en Colombia miran con recelo la aplicación y masificación de esta tecnología, pero sencillamente el patrón a nivel mundial es que ya más de 80 países la vienen implementando exitosamente, y donde estas compañías de energía tienen que ofrecer nuevos servicios a sus clientes y no solo pensar en el beneficio económico a corto plazo. Es momento que

los clientes ganen nuevas oportunidades de participar en el mercado de la energía, y que tanto el sector empresarial como el residencial puedan cambiar el proveedor de energía e influenciar la forma como desean que la energía sea generada.

7.2 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Gran cantidad de productos que llegan a Colombia son de pésima calidad, no tienen certificaciones ni las garantías correspondientes y duran mucho menos de lo esperado, sumado al alto lavado de dinero que se presenta, principalmente en los paneles solares. Los sistemas de energía solar FV son soluciones a largo plazo, 25 años y aun más. Los costos de mantenimiento son mínimos debido a que no se poseen partes móviles en generación. Los dispositivos como los paneles solares deben poseer una gran cantidad de características para su correcta comercialización: la calidad de los materiales, certificaciones, estándares, eficiencia, voltajes, corrientes, temperatura, tamaño, potencia, entre otras. El grado de complejidad de la energía solar predomina en Colombia, en parte porque son pocas las personas que tienen un conocimiento real del tema.

Casi todos los dispositivos de los sistemas de energía solar FV se importan, lo que muchos empresarios comentan que es momento de crear una industria nacional, de ensamblaje de paneles solares y la fabricación de inversores y controladores con las certificaciones de calidad.

7.3 CONTEXTO

Es necesario en Colombia entender claramente el contexto ambiental, organizacional y personal y su influencia notable en la adopción de la energía solar FV. Además de factores como la burocracia y la corrupción, que hacen una barrera

para difusión de este tipo de tecnologías. El hecho de saber que gran parte de Colombia posee una radiación solar privilegiada y donde muchas empresas pueden utilizarlas según su demanda de potencia, tal como lo hizo Nestle Colombia en su momento, hacen que la energía solar tome cada vez más fuerza.

Para la industria solar en Colombia, se necesitan profesionales talentosos que aún están por incorporarse, las universidades tienen que implementarlas en sus laboratorio de I+ D y en sus instalaciones.

7.4 ROL DEL GOBIERNO

Directos de empresas industriales y potenciales usuarios de la energía solar FV, opinan que el gobierno tiene que planificar cuanta energía solar FV se tiene que instalar en Colombia y la definición de incentivos en sus prioridades energéticas, como ocurre en muchos países para mejorar su imagen “verde”. El presidente Obama anuncio un objetivo de 25% de la energía de USA tendría que ser de energías renovables para el año 2025, con una inversión de 10 billones de dólares en el primer paquete de estímulos para subsidios de energía limpia, investigación y desarrollo (Seba, 2009).

El gobierno juega un rol importante a favor de la formulación de políticas, mostrando compromisos y mejorando la conciencia pública del potencial de la energía solar FV. En Colombia la mayoría de la población, tal como sucede en muchos países en vías de desarrollo desconocen el potencial de mercado, las ventajas y las aplicaciones de la energía solar FV, es necesario saltar de instalaciones de KW a MW. La falta de información sobre los beneficios de las energías renovables, costos financieros y económicos es la mayor barrera, La intervención del gobierno para la difusión de las energías renovables incluye:

proveer información a los consumidores y fabricantes, impuestos, subsidios, créditos y soporte directo al sistema de distribución. La diseminación de la información es factor clave en la difusión de los sistemas solares FV (Raja, 2006).

El gobierno pudiera ofrecer financiamiento y acceso de líneas de créditos para la compra de los dispositivos de energía solar FV para convertir los clientes potenciales en usuarios actuales, permitiendo importación libre de impuestos de equipos solares ayudando a bajar los costos del sistema solar FV. (Peter, Ramaseshan, & Nayar, 2002). Asu vez, los factores de riesgo (Inestabilidad política y obstaculos administrativos) cumplen un rol mas importante que la influencia que tienen en la toma de decisiones de inversiones por factores tales como el Feed in Tariff FIT (Luthi, 2010).

La transición de la energía solar esta paso primero en aplicaciones y lugares donde se unian tres factores: Excelente radiación solar, electricidad costosa de la red e incentivos del gobierno (Bradford, 2006). El mismo gobierno puede proveer la transferencia de tecnología y proveer soporte institucional para instituciones de investigaciones locales y nacionales. El gobierno puede ayudar a restringir monopolios, desarrollando estándares y códigos de práctica (Raja, 2006). Los desafíos políticos de energías renovables son considerables desde que exista un conocimiento adecuado de las características de estos procesos de transformación de las tecnologías actuales a las tecnologías existentes de energías renovables (Huang, 2007). Muchos opinan que para saber de energía renovables, se necesita saber bastante de los combustibles fósiles.

Aunque el gobierno colombiano decreto cero arancel en la importación de paneles solares, los otros componentes principales de los sistemas solares FV como los

inversores, controladores y baterías no lo tienen, realmente no es un avance significativo sabiendo que el alto potencial solar contrasta con la escasa voluntad política. A pesar de que existen entidades como el IPSE para las ZNI con sistemas Off-grid, aun el gobierno no ha preparado una verdadera voluntad política donde las partes involucradas (Stakeholders) tengan un sistema que favorezca el incremento de la energía solar para su difusión, colocando fechas en el cronograma, cantidades de instalaciones, capacidad en KW, MW y porque no decir GW como ya ocurrió en Chile donde obligaron por ley a las mineras y las empresas de generación tener un porcentaje en energía solar.

Referente a los sistemas on-grid, la situación es más preocupante debido a que no se posee una reglamentación correcta, ni la implementación adecuada, ni mucho menos los incentivos que favorecen su masificación a nivel residencial e industrial, es de acotar que estos últimos son los que más facturan y/o consumen energía.

Pronósticos energéticos basados en programas de gobiernos que aun no tengan planes con la energía solar son irresponsables y los que esperan por materializar tales programas son aun mas (Bradford, 2006), a pesar de esto, muchos escepticos piensan que un futuro la energía solar FV puede tomar un excelente rumbo sin subsidios sustanciales por parte del gobierno.

7.4.1 SUBSIDIOS

A diferencia de los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, el gobierno colombiano no subsidia la energía solar o en general las energías renovables. Así como las energías de combustibles fósiles tienen subsidios, los gobiernos deberían considerar subsidios para las tecnologías de energía solar FV para estimular el mercado de la FV. Tony Seba, plantea revisar como los gobiernos favorecen las

reglas y las regulaciones a favor de los combustibles fósiles. Países como Alemania, Japón y Australia el gobierno subsidia la energía solar FV. Dada la importancia de los programas de incentivos, no es sorpresa que los grande mercados para las compañías de energía solar están en países con un sistema robusto y atractivo en lugares para promover la energía solar (Berwind, 2009).

7.4.2 MARCO INSTITUCIONAL

La industria de la energía solar necesita desarrollar sus instituciones, incluyendo su red de instaladores, entrenamientos, estándares, certificaciones, y relaciones con los banqueros, financiero y grupo de negocios. Experiencia en otras industrias muestra que un mejor comportamiento de las instituciones más rápido se desarrolla la industria (Bradford, 2006).

En Colombia existe una inhabilidad para incorporar las variables reales de externalidades ambientales y sociales dentro del proceso de planeamiento del sector energético. Además, los combustibles fósiles están altamente subsidiados, lo cual no genera una competitividad de las fuentes renovables, en especial la energía solar FV, en donde además es necesario revisar un marco regulatorio para la energía solar conectada a la red.

Por otro lado no existe una legislación en Colombia que favorezca desde el punto de vista de competitividad la energía solar FV. El gobierno colombiano ha desarrollado programas a través del IPSE, muchos empresarios piensan que realmente muchos no son renovables ni sostenibles. En zonas rurales, incluyendo las ZNI no se tiene presente un verdadero plan para no solo llevarles electricidad a las personas, si no energía de calidad, sin interrupciones.

7.5 DEMOSTRACIÓN EN SITIO

Las demostraciones en sitio en Colombia de los sistemas FV han sido complejas, ya sea por factores de seguridad, o por que las personas que realizan las demostraciones desconocen lo sensible y difícil que es manejar el tema de la energía solar FV. Aun cuando no existen empresas extranjeras de energía solar o americanas en Colombia, por pensar que Colombia es un país inseguro y difícil para trabajar, sabemos que la situación interna ha ido cambiando en muchas regiones del país.

Las demostraciones en sitios con algunas aplicaciones de la energía solar como bombeo de agua, cercas eléctricas y telecomunicaciones, has sido exitosa pero es un mercado mínimo si se comparan con electrificación residencial, comercial e industrial. Es necesario cada vez mas y en forma masiva las demostraciones para que se logre un mayor interés y se logre replicar los sistemas tanto en zonas rurales como en zonas urbanas de Colombia.

En esta variable, la mayoría de los entrevistados opinan que debe haber más instalaciones solares FV, sean estáticas o portables donde los usuarios puedan ver de cerca sus beneficios y su funcionamiento.

7.6 CARACTERISTICAS DEL PROVEEDOR

Muchas empresas en Colombia de energía solar FV, no realizan los diseños ni las instalaciones correctas, inclusive no utilizan los equipos de BOS adecuados. Esto es preocupante debido a que se están engañando al mercado colombiano en no hacer los proyectos con la respectiva normatividad de instalación y de seguridad.

Los usuarios en Colombia a menudo se quejan que empresas no le hacen un acompañamiento después de la instalación, donde tengan más sentido de pertenencia y le expliquen cómo funcionan el sistema y cuando se pueden presentar fallas por un uso indebido.

Además, en general muchos empresarios colombianos de la energía solar y del sector eléctrico se quejan que exista un mercado de lavado de dinero con los dispositivos de energía solar, principalmente los paneles. Por tal razón es necesario saber dónde y a quien se realiza la compra, que proyectos ha manejado, su credibilidad en el mercado y si son personas expertas en el tema de la energía solar FV.

7.7 FINANZAS

45 trillones de dólares se necesitan invertir en energías alternativas en los próximos 40 años (Seba, 2009). Recientes inversiones de Goldman Sachs en energía solar sugieren que no son solo jugadas inteligentes sino movimientos estratégicos de finanzas verdes. Para alcanzar una penetración de mercado los incentivos financieros son considerados instrumentos adecuados. Ejemplos de incentivos económicos son: tarifas de mejor retorno de la inversión, medición neta, descuentos, acciones de energía solar (Haas & Ornetzeder, 1999).

El bajo precio de los paneles solares, unidos a los recortes de la tarifas de inyección, ha conducido que el sector se enfoque hacia los esquemas compra venta de energía (PPA) y de medición neta. El primero representa una oportunidad de construir grandes plantas compitiendo directamente con el resto de las energías. Existe un gran potencial, pero demasiado sujeto a los precios de energía y a la normatividad,

que generan una gran incertidumbre, haciendo que proyectos ya aprobados se retrasen. Un consumidor privado contrata suministro eléctrico con un proveedor de energía fotovoltaica en un periodo que puede rondar entre 15 y 25 años. Este es que favorece a empresas comerciales e industriales que demanden, por ejemplo, más de 500Kw de potencia. En Colombia ya es momento de todas las empresas comercializadoras de energía comiencen a implantar estos esquemas con una serie de pruebas preliminares.

Entender cómo trabajan los programas de incentivos y de subsidios es una parte importante para lograr una estrategia exitosa de inversión en energía solar. Cada programa ayuda a compensar los costos de los sistemas solares FV proviniendo incentivos para los consumidores residenciales, comerciales e industriales para instalarlos. Medición neta son programas de remuneraciones hacia los consumidores y compañías que generan energía solar. El sistema medición neta en generación distribuida se coloca un medidor bidireccional en donde se vierten los excedentes a la compañía de distribución y a la vez reconocen el precio del KWh a una buena tarifa, en Bogotá se realizaron pruebas de Codensa con la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional sobre su estupendo funcionamiento.

Si no hay regulación de medición neta, solo funciona el autoconsumo, si se genera más de lo que consume simplemente está regalando la electricidad. Los propietarios de los sistemas solares FV reciben un crédito de la empresa comercializadora de energía por la electricidad extra generada después de la deducción. Las reglas al igual que FIT varían de lugar en lugar. Los esquemas de medición neta son especialmente diseñados para clientes pequeños que producen más electricidad que la que consumen.

Países como Alemania que poseen una menor radiación solar promedio anual que Colombia, posee unas efectivas políticas de incentivos. Muchas personas consideran los costos iniciales de los sistemas FV altos, pero en los últimos años esa forma de pensar ha estado cambiando y convirtiéndose en muy competitiva. Instituciones financieras no siempre están interesadas en dar o abrir líneas de crédito para inversión de energía solar FV. La falta de capital de largo plazo es una barrera. Es necesario analizar si los bancos están interesados en financiar proyectos de energía renovable. Hay quienes dicen que el campo de las finanzas en energía solar es mucho más grande que fabricar o instalar paneles solares.

7.7.1 DISPONIBILIDAD DE CRÉDITO

En muchos países en vías de desarrollo es posible conseguir créditos para comprar sistemas solar FV para sus casas en áreas rurales. En países como Colombia los círculos financieros tradicionales desconocen la tecnología solar FV. Mientras que en muchos países la tecnología de energía solar ha sido reconocida como un bien de consumo que puede ser financiado como un carro, aun en Colombia no se tiene esa mentalidad. Los bancos tiene que ofrecer créditos a tasa bajas para incentivar la industria, es claro una financiación barata.

7.7.2 COSTOS INICIALES

Mejorar cada vez más los costos iniciales es un esfuerzo para conseguir estimular la demanda de los Sistemas Solares FV. A continuación dimensioné un sistema solar fotovoltaico para soluciones autónomas (Off-grid) que pueden ser usados de forma viable en zonas no interconectadas, como Islas del Rosario o áreas rurales del sur de Bolívar, asumiendo cargas eléctricas comunes para una vivienda.

Cargas Individuales	Cantidad	W AC	V AC	Amps AC	Watts AC	Uso hrs/día	Wh AC
Ventiladores	2	70	110	0.636	140	8	1120
Bombillo Ahorrador	4	10	110	0.091	40	6	240
Computador	1	70	110	0.636	70	8	560
Televisor	1	60	110	0.545	60	6	360
Radio	1	15	110	0.136	15	6	90
Otras Cargas	1	100	110	0.909	100	6	600

Tabla 4. Cuadro de cargas de sistema solar off-grid.

Teniendo 2970 W ó 2.9KWh de consumo AC por día, tenemos los siguientes costos asumiendo que en proyecto a utilizar por más de 25 años, solo las baterías de ciclo profundo se reemplazan en un periodo entre 8-11 años y el mantenimiento del sistema es mínimo. Para el análisis se utilizaron los valores de radiación solar para Cartagena del Anexo D.

Descripción Items	Cantidad	Precio unitario	Precio total
PANEL SOLAR 135W	6	490,000	2,940,000
BATERIAS 260AH CICLO PROFUNDO	6	470,000	2,820,000
CONTROLADOR 60 AMPS	1	980,000	980,000
INVERSOR 600W ONDA SENO COMPLETA	1	1,290,000	1,290,000
SOPORTE ALUMINIO ANODIZADO	1	300,000	300,000
INSTALACIÓN SISTEMA SOLAR FV	1	250,000	250,000
		SUBTOTAL	8,580,000
		IVA 16%	1,72,800
		TOTAL	9,952,800

Tabla 5. Cotización de dispositivos de energía solar de sistema off-grid.

Los dispositivos mencionados a implementar, tienen excelentes características de funcionamiento, con certificaciones de calidad, que como vimos anteriormente es una variable clave en el modelo de Raja Peter. Tanto los paneles solares, como las baterías, el controladores y el inversor son especiales para energía solar FV, los soportes de aluminio son especiales para climas tropicales y la instalación

cumpliendo el código eléctrico colombiano NTC 2050 (La NTC es una copia un poco retrasada del NEC National Electric Code de USA). Es necesario mencionar que países como USA en su NEC, la energía solar FV tiene su propio capítulo.

7.7.3 COSTOS COMPARATIVOS

En muchas situaciones en Colombia la energía solar FV es rentable comparada con otras fuentes de generación de combustibles fósiles. Con el ejemplo del numeral anterior de energía solar fotovoltaica off-grid, analizamos que en muchas ocasiones en el transporte de combustible en esas zonas es muy complicado por el acceso al sitio, el tiempo y los costos del mismo, lo que hace que soluciones como plantas eléctricas (sin observar externalidades ambientales y sociales) sea muy costoso. La tecnología FV es realmente costo-efectiva comparada con las fuentes de energía convencionales y aun así con otras fuentes de energías renovables como la geotérmica, eólica, biomasa y oceánica (Bradford, 2006).

Para futuros proyectos de investigación, es necesario analizar los costos de la energía solar conectado a la red bajo un esquema de comercialización sea PPA o de medición neta, porque ahora en Colombia el mercado es mayoritariamente off-grid. Existen entidades que ayudan a la formación de mercados de energía solar en países en vías de desarrollo: Environmental Fund, World Bank, USAID.

7.8 CONOCIMIENTO

Los principales impedimentos para la adopción de energía solar podrían ser desconocimientos. Existen muchos mitos que necesitan ser disipados. Necesitamos reconsiderar nuestro rol en el *conocimiento* del uso de la energía. Los lobbies de los combustibles fósiles no están ayudando (Seba, 2009).

La energía es esencial para el desarrollo económico y social y también posee un desafío ambiental. Las emisiones de los combustibles fósiles conducirán a un cambio climático posiblemente con consecuencia desastrosas. Se requiere entender el significado y el uso de la energía. Debido a que la implementación de la energía solar crece nacional e internacionalmente, la necesidad para estar informado y entrenado continúa siendo un driver para el empleo del futuro. Cuando se evalúa las opciones energéticas, se deben considerar todos los aspectos, incluido el conocimiento, beneficios económicos, eficiencia, requerimientos de procesamiento y utilización, subsidios y créditos, y consecuencias en el medio ambiente.

7.8.1 CONOCIMIENTO TECNICO

La perfecta comprensión de la tecnología hace necesario que llegue a dominarse el proceso de innovación tecnológica, que hace referencia al conjunto de decisiones relativas a la tecnología (Creación, Adquisición, Perfeccionamiento, Asimilación y Comercialización) lo que incluye la estrategia tecnológica y la transferencia de tecnología (Nuchera, 1999).

Mucho de este conocimiento ha sido creado en los últimos 20 años y los potenciales adoptantes son probablemente conscientes de este tipo de información. (Kaplan, 1999). Muchas soluciones a los problemas técnicos de las instalaciones consisten en tener especificaciones, estándares y códigos de los sistemas solares FV.

Certificaciones a los instaladores, muchos más que una licencia de técnico o de matrícula de ingenieros mejorarían las instalaciones (Foster, 1998)

Los sistemas de energía solar FV generalmente genera confusiones, debido a que pocas personas realmente entienden el valor en importancia de los sistemas desde distintos puntos de vistas. La mayor parte de las empresas y personas en Colombia que realizan diseños y/o instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos no lo hacen correctamente, provocando fallas a corto plazo creando malas impresiones por parte del usuario. A su vez, y más preocupante, es que muchos técnicos, ingenieros, administradores, economistas, arquitectos, entre otros profesionales, desconocen el tema de la energía solar lo que hace aun mas difícil su diseminación y masificación.

7.9 EXPERIENCIA

A través de estos años en Colombia, he tenido la enorme preocupación de escuchar a menudo personas que dicen tener experiencia en energía solar FV, tanto en el nivel académico como empresarial, pero lo hacen simplemente por aprovechar el auge y venderse por alguna razón y no saben el daño que le están haciendo al país. Como cualquier otro tema tecnología, se requiere de experiencia tanto para la transferencia de conocimiento como en el trabajo en cada uno de los proyectos, normalmente este tipo de personas no realiza como tiene que ser los diseños, las instalaciones y los mantenimientos, provocando fallas prontas en el sistema solar FV y conduciendo a malas impresiones por parte del cliente.

En Colombia son pocas las empresas que realmente trabajan el tema de la energía FV solar seriamente, es decir, como un tema que complejo y que la parte de

ingeniería no lo puede hacer sino ingenieros eléctricos, debido a que como son temas de instalaciones eléctricas de baja y media potencia, generan un riesgo a la vida humana. Actualmente existen cientos de empresas en Colombia que engañan a los clientes con paneles de origen chino de baja calidad, vendiendo baterías automotrices y peor aún no realizando instalaciones correctamente, provocando daños serios posteriores.

Para superar la barrera de la experiencia, es necesaria la presencia en Colombia de cursos especiales de instalación de los sistemas de energía solar FV, enfocados más a la práctica que a la teoría. Que las universidades y empresas conozcan e implementen en sus instalaciones la energía solar FV para que logren recibir todos sus beneficios y ventajas.

7.10 FAMILIARIDAD

En la actualidad, el internet, programas de tv (Natgeo, Discovery e History Channel) y algunas instalaciones en exteriores son los primeros encuentros que tienen las personas en Colombia con la energía solar FV. Aunque es un gran paso, el estar familiarizado con esta tecnología en Colombia no es tarea fácil, debida que para aprender la verdadera teoría, es necesario realizar mejor la práctica, conociendo a fondo los dispositivos como paneles, controladores e inversores. Estar familiarizados adecuadamente con la energía solar FV es sin dudas, una variable que toca difundir en Colombia, saber que significa, como funciona, cuáles son sus dispositivos, sus aplicaciones, sus beneficios, sus costos, etc.

En los resultados de las entrevistas y reuniones concluí que directivos, ingenieros, economistas y abogados que trabajan en el sector energético desconocen y no están

familiarizados con la energía solar FV, lo cual es preocupante por al igual que el resto de los sector como la construcción, tampoco responden adecuadamente sobre en qué consiste la energía solar FV, sus beneficios y sus costos. Desconocen que los paneles solares han bajado increíblemente de precio, que no es un tema del futuro sino del presente, entre otros aspectos.

Existen muchos casos, en el sector rural principalmente, que usuarios de la energía solar FV, no se sienten cómodos con la energía solar, debido a que le hicieron una pésima instalación o hasta ellos mismo la hicieron, utilizando por ejemplo, equipos no adecuados como baterías e inversores para automóviles. El hecho de no estar familiarizados con las normas de seguridad, que cuando se habla de energía son peligrosas, se generan comentarios, como el sistema no funciona correctamente, me toca cambiar cada año las baterías, entre otros. Note en la investigación, que los usuarios no toman el tema más serio de lo pensando, la parte de diseño, instalación y mantenimiento tiene que ser realizado por ingenieros capacitados y especialistas en energía solar FV, cualquier personas sin estos conocimiento no puede realizar la instalación, debido a que el usuario final se sentirá engañado tarde o temprano.

7.11 PERSUASIÓN/INTERES

Las investigaciones científicas están en una clara posición, la energía solar es la más grande esperanza para un futuro energético limpio, ninguna otra esa cerca (Seba, 2009). El uso de esta variable previa a la toma de decisión es clave para lograr adoptar la energía solar FV. Muchos empresarios colombianos no se sienten interesados por el tema de los costos, aunque cuando se sienten motivados por el lado medioambiental, pero realmente no conocen como funciona la tecnología, en

qué consiste y los costos. En el sector energético sucede lo mismo, los ingenieros que toman decisiones, directivos y gerentes no conocen de energía solar FV porque sencillamente las universidades no la enseñan, los cursos abiertos son escasos al igual que los eventos, generando que en el medio se presente una desinformación, que muchos llaman mitos sobre la energía solar FV. Como es un tema sensible, debido a que puede desplazar intereses de personas involucradas con otro tipo de energías, en especial las fósiles, estos provocan comentarios no reales acerca de la energía solar que se replican generando un daño al crecimiento de las energías renovables.

8. APORTES DEL TRABAJO DE GRADO

Mediante este documento investigativo se pudieron aportar los siguientes puntos:

- 1) **Conocimiento de la Energía solar en Colombia:** Es escasa la documentación que muestre como es el panorama real de la energía solar fotovoltaica en Colombia, además no existía un documento que relacionará variables de un modelo de marketing conceptual para la adopción de la tecnología solar en el país, lo cual genera un precedente para estudiar rápidamente la diseminación de la energía solar en los sectores residenciales, comercial e industriales.
- 2) **Planificación estratégica de los distintos Stakeholders:** Queda claro que debe existir una planificación estratégica de la incursión de la energía solar FV en el sector energético colombiano por parte de cada uno de los stakeholders, o partes involucradas, como son el gobierno a través del ministerio de minas y energía, la UPME, CREG, IPSE ; el congreso, por medio de la comisión energética ; las empresas del sector energético, generadores, transmisores, comercializadoras y distribuidoras de energía y empresas del sector de la energía solar; la academia, a través de las colegios, universidades y los grupos de investigación y desarrollo ; las asociaciones como ACIEM y ACOHIDROGENO y las distintas comunidades que se pueden favorecer tanto del sector rural con los sistemas autónomos como del urbano la energía solar conectada a la red.

- 3) **Urgencia en el tema de la energía solar FV:** Bradford mencionaba que es una irresponsabilidad por parte de los gobiernos que aun en pleno siglo XXI aun existan países que no implementen la energía solar en su panorama energético. Y entre esos países esta Colombia, como dice el viejo refrán “Más vale prevenir que lamentar”, por eso es necesario que le apuntemos inteligentemente a la energías renovables como parte del mix energético nacional. Es claro que existen intereses de todas las partes involucradas, pero el patrón a nivel mundial es otro, y en países como Colombia por el bien de las futuras generaciones se tienen que romper comentarios falsos acerca de la energía en el país, tales como: El precio pagado por el Kwh es económico (Cuando se pagan que en estados como California, USA), existe suficiente energía para muchos años más (Se tiene problemas con las reservas de los combustibles fósiles en los próximos años), los apagones de energía no importan (La confiabilidad es clave, toda la personas tienen que tener un servicio constante y de calidad sin interrupciones), el problema ambiental siempre ha existido y es cíclico (Pero la tendencia dice lo contrario, problema de capa de ozono, aumento de los niveles del mar, deforestación), mejor robo la energía (Problema social que es posible solucionar), etc. Sin dudas es un problema de carácter social, político y económico.
- 4) **Cambio de paradigma:** Como es lógico a muchos sectores no les conviene cambiar de paradigma en el caso de la energía, por pensar en el bien particular y no en el colectivo. A su vez, el manejo que se le de la información sobre este tipo de tecnologías renovables, tiene que ser claro e incurrir más en los hechos que en palabras. El hecho de que muchas

empresas del sector ofrezcan servicios y productos de pésima calidad no favorecen ese cambio de paradigma: Técnicos e Ingeniero sin capacitaciones, Diseños de los sistemas FV mal elaborados, instalaciones sin normatividad RETIE y NTC 2050, equipos que no son los adecuados (Ofrecer paneles de pésima calidad, baterías automotrices y no de ciclo profundo especiales para energía solar, inversores no apto para la tecnología solar, entre otras). A menudo se menciona que la tecnología solar FV es una tecnología del futuro, reconociendo que tiene más de 50 años en el mercado global y donde muchos países del mundo ya la están implementando exitosamente en sistema energético.

- 5) **Energía Solar Conectada a la Red y sistemas autónomos en las ZNI:** No es concebible que un país como Colombia aun no esté manejando esquemas de FIT o de medición neta (Net Metering) para incentivar a los usuarios residenciales, comerciales e industriales a comercializar energía por parte de la tecnologías renovables, tal como lo han venido haciendo exitosamente más de 80 países con características más favorables y menos favorables que Colombia. No es posible que aun en el país existan miles y miles de personas sin el servicio básico de electricidad en Zonas No Interconectadas y aun vivan en condiciones similares que hace 100 años. Mediante el excelente modelo de Raja Peter, adaptado a países como la India y en vías de desarrollo, si es posible que efectivamente se implemente la energía solar FV como parte de un país sostenible.

9. CONCLUSIONES

La energía solar fotovoltaica está creciendo en Colombia como un mercado silencioso sin llamar mucho la atención. El futuro de la energía solar FV en el sector energético en Colombia depende de cómo se apliquen las variables de adopción de estas tecnologías analizadas en este documento. Así como se mostraron sus muchas ventajas y beneficios, es claro aun que no es la única alternativa viable de generación renovable, pero sí se debe incluir ampliamente en el mix de generación energética en Colombia. El esquema de medición neta, representa la democratización de la generación de energía, el destino una vez que se hayan esquivado los intereses de las compañías eléctricas.

El solo hecho de haber visto en este documento como la energía solar FV tiene mucha aceptación y reconocimiento en países como Japón, España y Alemania con mucho menos radiación solar que Colombia, motiva a replantear nuestra forma pensar sobre lo que queremos para nuestras futuras generaciones, se podría pensar que es debido a que son países desarrollados, pero lo más preocupante aun es que nos estamos quedando rezagados frente a países de la región Latinoamérica que están moviendo rápidamente y a pasos agigantados, vecinos cercanos de nosotros como Brasil, Ecuador, Uruguay, Chile, México, Ecuador, Argentina y Perú ya poseen energía solar conectada a la red con esquemas de comercialización, y en donde además se terminaron de construir parque solares de más de 40MWs, mientras que en Colombia solo hablamos de KWs (1000KW = 1MG), es necesario pasar de KW a MW, y pensar en GW, por consiguiente se necesitan planificar licitaciones para grandes proyectos y centrales fotovoltaicas. No es posible que muchas empresas del sector energético, no se sienten entusiasmadas para permitir el avance de la tecnología solar, se muestren esquivas en la adopción, sabiendo que

empresas eléctricas similares en muchos otros países han entendido el potencial y lo beneficioso para la población en general lo que significa la energía solar FV, y donde sencillamente es un negocio donde todos salen ganando desde todo punto de vista, sea para soluciones conectadas a la red o en sistemas aislados en zonas rurales.

El entender claramente como es la tendencia mundial de la energía solar fotovoltaica y compararla con el panorama actual de Colombia es realmente preocupante desde todo punto de vista, debido a que no se ha presentando acciones a corto, mediano y largo plazo por parte del gobierno para estimular y difundir este tipo de tecnología solar en el país, el alto potencial solar contrasta con la escasa voluntad política. Proyectos incentivados por el gobierno para implementar a gran escala energía solar FV, electrificando miles de casas, tal como hicieron exitosamente muchos países en los años 80's y 90's en Europa, en Colombia aun es un simplemente un sueño, pero que es obligación volverlo realidad lo más pronto posible. Pero sobre el gobierno no recae todo el peso, todas la parte involucradas tienen que aportar su conocimiento y experiencia, las empresas públicas y privadas tiene que apoyar con incluir la energía solar FV como estrategia de Responsabilidad Social Corporativa, las universidades colombianas, así como hacen muchas en el mundo tienen que empezar a concientizar a sus estudiantes y profesor sobre la importancia de la energía sostenible, por lo tanto es necesario la aplicación del famoso triangulo de Sábato.

La radiación solar en Colombia es óptima por su cercanía a la línea ecuatorial y por lo contante del clima a lo largo del año, en todos los lugares de Colombia existe la presencia del Sol, para que esperar entrar en crisis energético como en los años 90's, si la podemos prevenir en la actualidad con fuentes de energía renovables,

como la energía solar FV, eficazmente comprobada técnica y financieramente viable en el resto del mundo. La fotovoltaica puede ofrecer soluciones energéticas limpias inmediatas a países que no saben cómo cubrir la demanda eléctrica. A su vez, tiene que ser obligatoriamente un esfuerzo multidisciplinario, tiene que haber voluntad política, conciencia ambiental y de sostenibilidad para nuestras futuras generaciones sin luchas de egos, tal como dice Tony Seba, profesor de energía sostenible de la Escuela de Negocios de Stanford “La energía es un industria global con impacto global, nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos vivirán con las consecuencias de las decisiones que tomemos”.

Por lo tanto, finalizo con las siguientes estrategias para lograr cumplir en Colombia con el modelo de marketing conceptual que plantea Raja Peter:

- A pesar de que todas las partes involucradas tienen un rol importante, el gobierno tiene que conocer realmente la energía solar FV e incluirla en el sistema energético nacional, para implantar esquemas como el de medición neta o PPA, como también para realizar megaproyectos de hogares con energía solar FV para replicar y lograr generar interés. Para esto es necesario una serie de reuniones y hechos concretos donde en forma asertiva se plantee todo lo que puede aportar la energía solar FV en Colombia. Al igual que el gobierno nacional, las alcaldías, las gobernaciones, las organizaciones y los gremios tienen que enterarse de lo importante y beneficioso que resulta la energía solar FV al desarrollo del país.

- Plantearles esquemas de financiamiento atractivos con bajas tasas de interés al sector bancario, es clave para que las personas se interesen en este tipo de tecnologías, no solamente al sector urbano, sino también a las personas que no tienen recursos ni energía en las zonas no interconectadas.
- El sector de la construcción tiene que empezar a masificar la energía solar FV, mediante la aplicación de tecnologías LEED en los proyectos para lograr un mejor uso de los recursos energéticos, y alcanzar un mejor desarrollo la construcción sostenible.
- El ministerio de minas y energía de Colombia y asociaciones como ACIEM tienen que empezar a impulsar la normatividad para las instalaciones de las soluciones de energía solar FV e motivar a todos los involucrados en el sector energético a conocer realmente la energía solar FV.
- Las universidades en Colombia tienen que empezar a trabajar seriamente para la incorporación en sus currículos el tema de las energías sostenibles, no solamente en ingeniería, sino también en administración, economía, arquitectura y derecho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

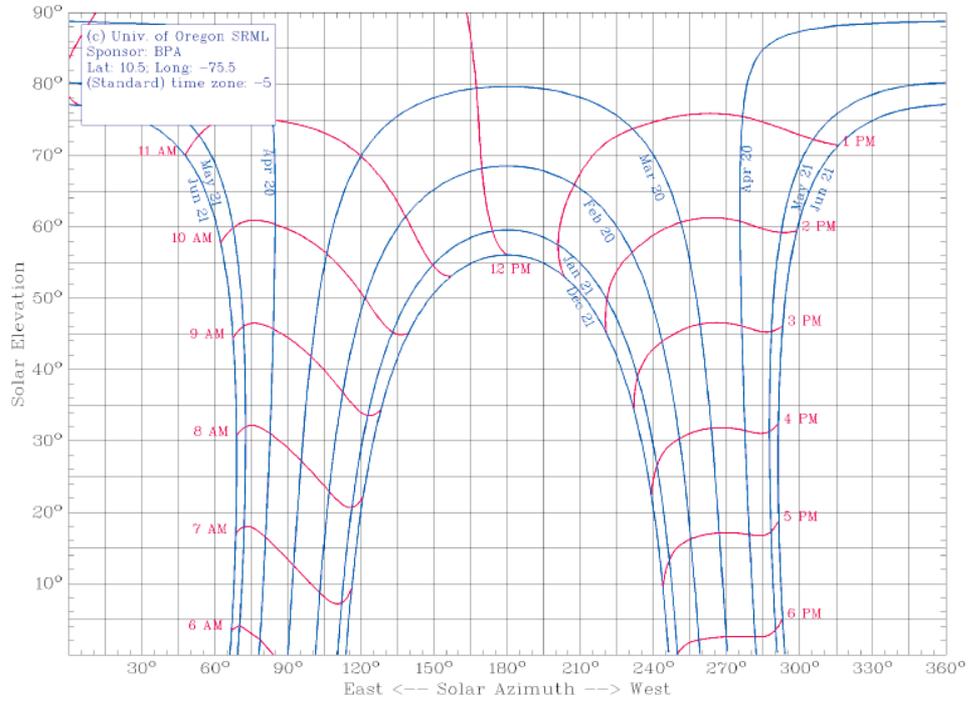
- Adurodua, F. (1998). The Market Potential of Photovoltaic Systems in Nigeria. *Solar Energy*, 133-139 Vol 64.
- Berwind, J. (2009). *Investing in Solar Stocks: An investor's Guide to winning in the Global Renewable Energy Market*. Mc Graw Hill.
- Bradford, T. (2006). *Solar Revolution: The economic transformation of the global energy industry*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bubbenzer, A. (2002). *Photovoltaics Guidebook for the Decision-Makers: Technological status and potential role in Energy Economy*. Springer-Verlag Berlin.
- Drennen, T. (1996). Solar Power and Climate Change Policy in Developing countries. *Energy Policy*, 9-16 Vol 24.
- Dusonchet, L., & Telaretti, E. (2010). Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union countries. *Energy Policy*, 4011-4020.
- Engardio, P. (2008). *CHINDIA Cómo China e India estan revolucionando los negocios globales*. México: McGRAW-HILL .
- Forum, W. E. (2012). *The Global Competitiveness Index Report*. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf
- Foster, R. (Diciembre de 1998). Photovoltaic Market Development and Barriers in Mexico. *Thesis submitted to the Graduate School for the Degree of Master Business Administration MBA*. Las Cruces, New Mexico, USA: New Mexico State University.
- Foster, R. (2009). *Solar Energy: Renewable Energy and the Environment* . CRC Press.

- Haas, R., & Ornetzeder, M. (1999). Socio-Economic Aspects of the Austrian 200 Kwp Photovoltaic-Rooftop Programme. *Solar Energy*, 183-191.
- Huang, Y. (2007). Technological system and renewable energy policy: A cause study of solar photovoltaica in Taiwan. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 345-356.
- IDEAM, U. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. Bogotá. UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, IDEAM .
- International, S. E. (2008). *Fotovoltaica, Manual de diseño e Instalacion*. Carbondale,CO: New Society Publishers.
- Kaplan, A. (1998). From passive to active about solar electricity: innovation decision process and photovoltaica interest generation. *Technovation*, 467-481.
- Kaplan, A. (1999). Generating interest, generating power: commercializing photovoltaics in the utility sector. *Energy Policy*, 317-329.
- Lundgren, A. (Feb de 1999). Solar Photovoltaics in Developing Countries: Expanding The Private Market Through Multi and Bi-lateral Programs. Boston, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Luthi, S. (2010). Effective deployment of photovoltaics in the Mediterranean countries: Balancing policy risk and return. *Solar Energy*, 1059-1071.
- MIT, T. R. (Febrero de 2003). *10 Emerging Technologies That Will Change the World*. Obtenido de Technology Review MIT:
<http://www2.technologyreview.com/featured-story/401775/10-emerging-technologies-that-will-change-the/>

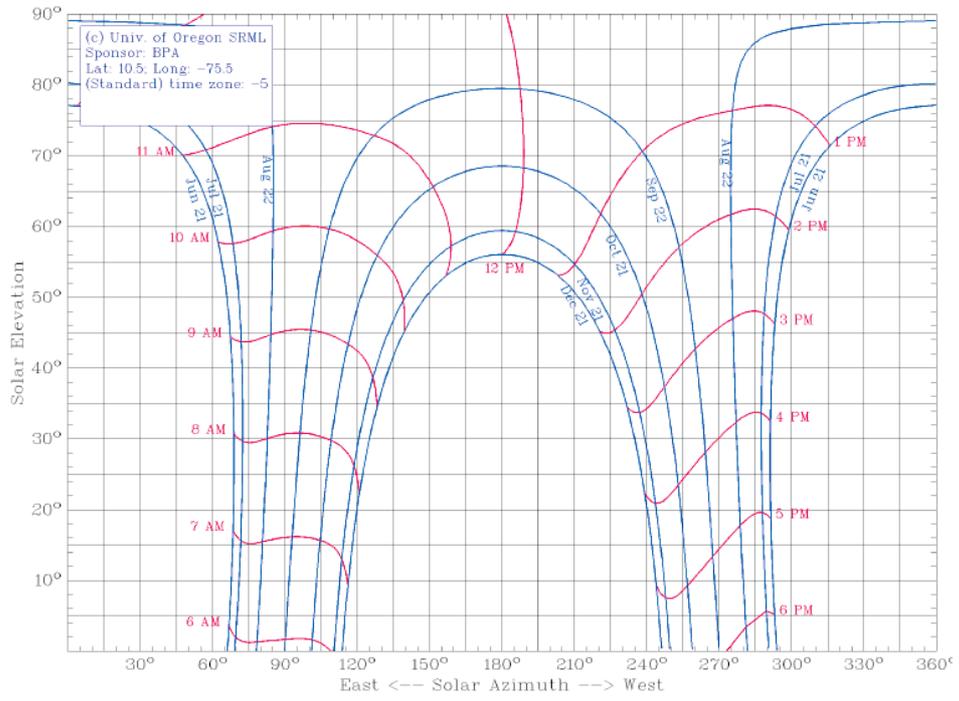
- Nuchera, H. (1999). La gestión de la Tecnología como factor estratégico. *Economía Industrial*, 43-54.
- Peter, R., Dickie, L., & Peter, V. (2006). Adoption of photovoltaic power supply Systems: A study of key determinants in India. *Renewable Energy*, 2272-2283.
- Peter, R., Ramaseshan, B., & Nayar, C. (2002). Conceptual model for marketing solar based technology to developing countries. *Renewable Energy*, 511-524.
- Pietruszko, S. (2004). Photovoltaic in the world. *Optoelectronics*, 7-12.
- REN21. (2012). *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* . Obtenido de www.ren21.net/ (Consultado el Feb 2013)
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press.
- Seba, T. (2009). *Solar Trillions : 7 Market and Investment Opportunities in the Emerging Clean-Energy Economy*. San Francisco, CA USA: First Beta Edition.

ANEXOS

A. CARTA SOLAR CARTAGENA

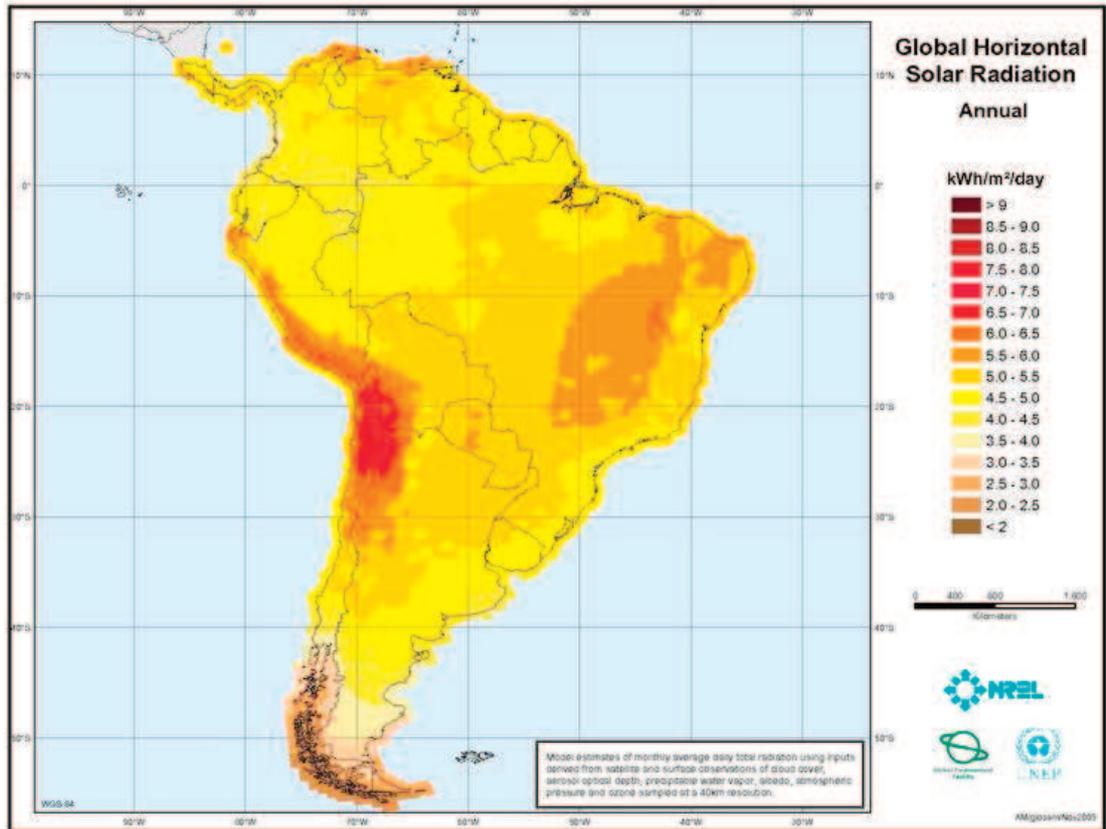


Fuente: solarat.uoregon.edu/SunChartProgram.html



Fuente: solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html

B. RADIACION SOLAR AMERICA DEL SUR



Fuente: National Renewable Energy Laboratory. www.nrel.gov

C. EVOLUCION DE COBERTURA DE ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA

	Evolución índice de cobertura de Energía Eléctrica													
	%													
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
01. ARAUCA	0	0	0	0	0	0	0	83,52	88,73	85,74	92,74	81,74	89,82	92,03
02. CAQUETA	41,38	43,74	45,81	49,26	50,99	53,64	55,52	56,7	59,51	49,86	72,2	73,13	73,7	87,92
03. CAUCA	54,06	57,25	59,97	63,21	64,22	65,5	69,85	73,15	74,07	74,87	81,07	78,49	80,1	73,98
04. NARIÑO	65,86	66,88	68,58	70,56	73,75	75,41	76,5	77,49	80,14	80,66	88,8	89,48	90,98	80,74
05. NORTE DE SANTANDER	66,98	69,33	74,92	76,94	80,92	81,72	83,16	83,58	82,58	97,07	91,85	88,82	91,03	91,88
06. ATLANTICO, MAGDALENA, GUAJIRA Y CESAR	77,46	78,85	80,82	82,66	83,67	83,31	82,14	85,77	74,07	85,95	91	91,67	93,49	96,36
07. CALDAS QUINDIO RISARALDA	92,82	95,18	97,04	97,21	95,7	99,4	99,45	99,64	92,74	93,69	94,56	95,44	95,75	96,98
08. CHOCO	32,57	36,27	38,91	40,94	42,04	37,16	45,88	47,61	55,7	35,74	76,46	84,35	85,57	87,87
09. CORDOBA, BOLIVAR, SUCRE	65,98	69,19	71,83	74,09	76,71	81,65	76,66	78,19	77,19	75,03	85,96	90,47	91,98	94,13
10. ANTIOQUIA	76,07	79,01	81,81	85,22	88,8	87,61	91,94	93,35	100	100	94,84	94,22	94,39	95,71
11. BOYACA, CASANARE	61,41	63,85	66,15	69,37	70,21	71,89	74,45	74,22	84,82	79,95	85,23	93,04	93,95	89,3
12. BOGOTA, CUNDINAMARCA	87,89	91,02	93,78	96,99	99	99,4	99,45	98,5	100	99,99	95,98	98,2	98,23	98,95
13. VALLE	85,96	87,98	89,38	90,44	90,85	90,19	91,65	90,17	88,6	91,52	91,95	95,82	96,15	97,94
14. META	64,83	68,89	72,49	76,68	78,55	81,7	84,33	84,98	91,86	86,83	90,4	93,46	94,34	97,61
15. SANTANDER	80,95	82,76	84,41	86,87	89,18	91,08	93,05	93,32	90,16	99,13	94,51	95,15	96,8	92,83
16. HUILA	73,09	74,93	77,48	80,51	81,74	84,06	86,6	86,69	97,93	93,66	98,94	85,28	88,37	89,11
17. PUTUMAYO	0	0	23	23,23	22,58	21,98	16,89	17,09	39,97	23,12	57,53	60,79	61,76	76,93
18. TOLIMA	69,24	72,58	76,99	80,75	83,66	86,29	89,62	91,04	81,08	85,34	89,18	83,72	84,37	91,21
19. GUAVIARE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83,17	83,33	84,66
20. TOTAL	76,1	78,67	81,41	83,93	86,01	87,38	88,47	88,36	89,68	89,89	91,85	92,89	93,71	94,42

Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano siel.gov.co

D. VALORES DE RADIACION SOLAR CARTAGENA

Month	Daily solar radiation - horizontal
	kWh/m²/d
January	6.04
February	6.28
March	6.46
April	6.19
May	5.67
June	5.68
July	5.85
August	5.89
September	5.34
October	4.95
November	5.04
December	5.35
Annual	<hr/> 5.73
Measured at (m)	

Fuente: NASA eosweb.larc.nasa.gov/sse