

## ANÁLISIS DE PRE INVERSIÓN PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA POBLACIÓN DE ISCUANDÉ, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN.

### INTEGRANTES:

#### **William Fernando, Ardila Castañeda**

Ingeniero Civil, Residente de Interventoría, SGS-Estudios Técnicos S.A.S.,  
Bogotá D.C., Colombia, código 1300648  
[ferchos40@gmail.com](mailto:ferchos40@gmail.com)

#### **Edgard Alberto, Leño Moray**

Antropólogo, Coordinador de Proyectos, Data Inventarios de Colombia, Bogotá D.C., Colombia,  
código 1300692  
[eleano@live.com](mailto:eleano@live.com)

#### **Jorge Olmedo, Rivera Pineda**

Ingeniero Electricista, Contratista, Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas,  
Bogotá D.C., Colombia, código 1300673.  
[jorgeripi@hotmail.com](mailto:jorgeripi@hotmail.com)

### TUTOR:

#### **Julio Cesar Osorio Mendoza**

Economista, Especialista en Evaluación Social de Proyectos, Magíster en Planificación Regional y  
Urbana, Universidad Javeriana, Asesor, Bogotá D.C., Colombia,  
[cesarosoriomendoza@yahoo.es](mailto:cesarosoriomendoza@yahoo.es)

#### **Pedro Antonio Duarte Cárdenas**

Administrador de Empresas, Maestría en Administración  
Profesor Trabajo de grado, UMNG, Bogotá D.C., Colombia,  
[pedroduarte@unimilitar.edu.co](mailto:pedroduarte@unimilitar.edu.co)

### HIPÓTESIS

La deficiente prestación del servicio de energía eléctrica a la población de Iscuandé, se debe a que el sistema de generación de energía actual por medio de grupos electrógenos no satisface las necesidades de consumo de energía de la población.

## RESUMEN

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas - IPSE, es un Establecimiento Público del Orden Nacional, adscrito al Ministerio de Minas y Energía originado con el Decreto 1140 del 29 de junio de 1999, reestructurado mediante Decreto 257 de 2004, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, cuyo objeto es identificar, promover, fomentar, desarrollar e implementar soluciones energéticas mediante esquemas empresariales eficientes, viables financieramente y sostenibles en el largo plazo, procurando la satisfacción de las necesidades energéticas de las Zonas No Interconectadas ZNI, apoyando técnicamente a las entidades definidas por el Ministerio de Minas y Energía. Las Zonas No Interconectadas ZNI, fueron definidas mediante la ley No. 855 de diciembre 18 de 2003, corresponden al 66 % del territorio nacional, donde se asienta el 89% de la población rural del país, con aproximadamente 1'800.000 personas ; están conformadas por 17 departamentos, 5 capitales departamentales, 54 cabeceras municipales, 1262 localidades y 87 entes prestadores[1]. La población de Iscuandé (Nariño) es una de las Zonas No Interconectadas de Colombia que en la actualidad tiene un suministro de energía deficiente, el cual se genera a través de dos grupos electrógenos de 365 KW cada uno, los cuales suministran energía eléctrica en promedio ocho (8) horas diarias, presentan fallas continuas y por lo tanto, la calidad de la energía es deficiente en términos de continuidad y confiabilidad. Con el fin de mejorar la calidad de vida de estas poblaciones, el gobierno ha trazado como Política de Estado para el Pacífico Colombiano, entre otros aspectos, suministrar energía eléctrica a las ZNI [2], pues la ausencia de este servicio origina altos índices de pobreza, limitando el crecimiento económico y el desarrollo de estas regiones.

El proyecto pretende analizar y seleccionar la alternativa más eficiente para suministrar energía eléctrica, durante las 24 horas a la zona no interconectada de Iscuandé, localizada en el pacífico colombiano, que tiene una población de 18.922 habitantes de los cuales 4.654 residen en el casco urbano y 14.268 en la zona rural[3], mediante la comparación de dos alternativas; la primera alternativa consiste en la generación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos (plantas de emergencia) que usan Diesel, lo que implica un impacto ambiental por contaminación, al tratarse de un combustible fósil y la segunda alternativa se fundamenta en un sistema híbrido que combina una solución fotovoltaica que utiliza la luz del sol para convertirla en energía mediante celdas solares, cuya implementación no impacta el medio ambiente, combinada con la generación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos.

En este trabajo, se analizarán los aspectos en la fase de pre inversión tales como requerimientos de obras civiles, obras estructurales, obras eléctricas, inversión, estudios, para luego efectuar el análisis financiero y económico de ambas alternativas, en un horizonte de 20 años, y obtener unas conclusiones sobre el proyecto.

## INTRODUCCIÓN [1]

El Gobierno en su Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010, planteó como una de sus prioridades el aumento de la cobertura y la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas (ZNI) del país.

Estas poblaciones que no reciben el servicio de energía eléctrica a través del Sistema Interconectado Nacional conforman buena parte de las zonas fronterizas. El Plan, propuso el diseño de proyectos piloto para la generación de energía eléctrica soportados en el uso de fuentes no convencionales, enmarcados en criterios de sostenibilidad que permitan el mejoramiento de las condiciones de vida de la población de estas zonas. La implementación de estos proyectos con soluciones energéticas alternativas se estableció a nivel de política en el Decreto 2884 de 2001 creando el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI) y con mayor fuerza en el Artículo 66 del actual Plan Nacional de Desarrollo. La cobertura de servicio eléctrico en las Zonas No Interconectadas es del orden del 80% y depende en un 96% de grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles. El restante 4% utiliza recursos energéticos renovables. El Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas IPSE busca ofrecer soluciones energéticas estructurales a las

comunidades rurales como factor de equidad y seguridad Nacional con criterios de eficacia, eficiencia y efectividad.

La propuesta para el presente trabajo consiste en la comparación de dos alternativas para generar energía eléctrica mediante grupos electrógenos que utilizan combustible fósil y una solución híbrida relacionada con la utilización de energía solar y grupos electrógenos. Con base en la situación descrita, el marco teórico sobre el cual se desarrolla el presente trabajo de grado aborda múltiples temáticas entre ellas los diferentes tipos de energías potenciales renovables y no renovables que se pueden utilizar, también temas como el aprovechamiento efectivo del recurso energético solar como fuente primaria, el diseño básico de una solución fotovoltaica para generar energía eléctrica, así como la generación de energía con grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles, las obras civiles y las obras eléctricas aplicables al proyecto.

Una vez aclarados los conceptos técnicos, se procede a realizar el análisis de pre-inversión que tendrá como objeto el examen de distintas variables, tales como la proyección de demanda de energía, radiación solar, marco regulatorio, tema ambiental y adicionalmente se hará un análisis de aquellas variables principales que impactan los costos de inversión.

Con los análisis e investigaciones descritos, se pretende plantear una solución al problema que tiene el municipio de Iscuandé de electricidad, que mejore las condiciones de vida de sus habitantes, dicho documento reflejará el monto de la inversión, la localización y la tecnología más favorable, la entidad que pueda llevar a cabo el proyecto y la programación o cronograma a desarrollar. Es importante destacar que esta solución puede ser modelo para otras Zonas No Interconectadas de similares condiciones.

Por último, en el presente trabajo se abordan unas conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones tienen que ver con la selección de la solución óptima para el suministro de energía a la población de Iscuandé. Igualmente, se abordan unas recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta por quien pretenda realizar la inversión.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. DIFERENTES TIPOS DE POTENCIAL ENERGÉTICOS APROVECHABLES. [4][5][6]**

Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales. En consideración su grado de desarrollo tecnológico y a su nivel de penetración en la matriz energética de los países, las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicas, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas.

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable por el hombre es muy antiguo. Desde muchos siglos antes de nuestra era, energías renovables como la solar, eólica e hidráulica eran aprovechadas por el hombre en sus actividades domésticas, agrícolas, artesanales y comerciales. Esta situación prevaleció hasta la llegada de la Primera Revolución Industrial del Siglo XVIII, cuando las energías renovables debieron ceder su lugar a los recursos fósiles como el petróleo y el carbón que en ese momento se ofrecían como fuentes energéticas abundantes y baratas. La revolución industrial desencadenó también los cambios sociales y económicos que dieron lugar al posterior desarrollo la gran industria hidroeléctrica considerada hoy como fuente energética renovable convencional.

A partir de la década de los setenta cuando se dio la llamada crisis mundial del petróleo, el interés por el desarrollo de las energías renovables creció, particularmente las energías eólicas y la solar

fotovoltaica. La energía eólica ha tenido un crecimiento importante del orden del 30% en el periodo 1993-2008, en el mismo periodo la energía fotovoltaica creció a un nivel inferior. Sin embargo, en los últimos años la tendencia se ha incrementado principalmente para atender pequeños consumos de energía.

**Energía Solar:** La energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía. Mediante el empleo de colectores solares la energía solar puede transformarse en energía térmica. A su vez, con el empleo de paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos demandan tecnologías diferentes que no tienen nada que ver una con la otra. Del mismo modo, en las centrales térmicas solares, la energía térmica captada por los colectores solares puede utilizarse para generar electricidad. Se distinguen dos formas de radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar ocasionados por las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que concentración de la luz difusa no es posible por provenir de múltiples direcciones. Sin embargo, ambas radiaciones son aprovechables.

En cuanto a los receptores se pueden diferenciar los receptores activos y receptores pasivos. Los primeros utilizan mecanismos para orientar el sistema receptor hacia el Sol -llamados seguidores- y captar mejor la radiación directa. Los pasivos, en tanto, no son capaces de realizar este seguimiento. Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica. Así, tienen lugar los sistemas de generación distribuida en los que se eliminan casi por completo las pérdidas que se registran en el transporte de energía, que en la actualidad suponen aproximadamente el 40% del total, y la dependencia energética.

**Energía Eólica:** La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire. El término eólico viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, Dios de los vientos en la mitología griega y que quiere decir perteneciente o relativo al viento. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión). La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos de aspas. En las últimas décadas, el aprovechamiento de la energía eólica ha progresado hasta convertirse en uno de los pilares fundamentales del suministro de energía renovable.

**Energía Mini Hidráulica:** Se denomina energía hidráulica o energía hídrica a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas. Es un tipo de Energía Renovable No Convencional cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable convencional. Las centrales mini hidráulicas son aquellas que cuentan con una potencia instalada menor a 20 MW. Esta tecnología renovable es la forma más amigable con el medioambiente que se conoce para la producción de electricidad. Se puede transformar a muy diferentes escalas, existiendo desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales.

**Energía Geotérmica:** La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra. El término geotérmica viene del griego *geo*, "Tierra"; y de *thermos*, "calor"; literalmente "calor de la tierra". Parte del calor interno de la tierra (5.000 °C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, y, por tanto, servir para accionar

turbinas eléctricas o para calentar. El calor del interior de la tierra se debe a varios factores, entre los que destacan el gradiente geotérmico y el calor radiogénico.

**Biomasa:** La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua de productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. Mediante estos procesos, la biomasa almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado. En el sector agroindustrial, específicamente la industria de la caña de azúcar, se ha establecido la presencia de un gran potencial de generación de electricidad a partir del bagazo de la caña y la cascarilla de arroz.

**Mareomotriz y Oleaje:** La energía mareomotriz se debe a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, la tierra y el Sol, que originan las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa entre estos tres astros. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse en lugares estratégicos como golfos, bahías o estuarios utilizando turbinas hidráulicas que se interponen en el movimiento natural de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes durante la fase de explotación. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el costo económico y el impacto ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

## 1.2. APROVECHAMIENTO DEL RECURSO ENERGÉTICO SOLAR

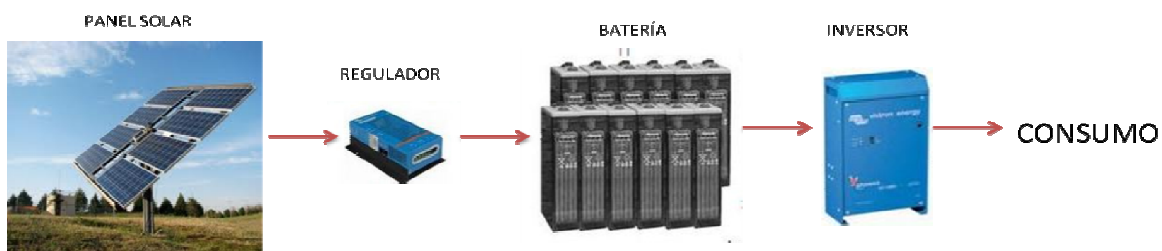
En este capítulo se realiza una descripción sobre el aprovechamiento de la energía solar como recurso natural para la obtención de energía eléctrica, además se describe la tecnología en forma genérica, que será la base para la puesta en marcha del proyecto que se pretende implementar en la población de Iscuandé ubicada en el Departamento de Nariño. La tendencia mundial sigue en aumento, con respecto a la utilización de fuentes renovables tales como la solar que emplea artefactos que utilizan materiales semiconductores para este caso la corriente eléctrica es almacenada en baterías y dan la posibilidad de utilizarla cuando se necesite, una celda fotovoltaica típica puede ser cuadrada y medir 10 centímetros por lado y producir cerca de 1 vatio de electricidad si se requiere generar más electricidad los módulos se agrupan. La utilización de energías renovables es uno de los campos de la ciencia y la tecnología con mayor desarrollo e interés a nivel mundial. La energía solar se constituye como energía renovable, al no generar impactos en los ecosistemas, siendo una alternativa económica a largo plazo y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales distantes, así como para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, en sistemas aislados. [7]

La energía solar fotovoltaica radica en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica, mediante el efecto fotoeléctrico. La fotoelectricidad reside en la generación directa de energía como consecuencia de la interacción de los fotones de la radiación incidente en un material con sus electrones. El impacto de los fotones excita los electrones originalmente cogidos en su banda de valencia entregándoles la energía suficiente para elevarlos a la banda de conducción y de esta manera generar la corriente eléctrica a través de un conductor. Los dispositivos utilizados para esta generación eléctrica mediante este sistema se denominan **celdas solares o celdas fotovoltaicas** que son fabricadas en materiales semiconductores en los que se genera un campo eléctrico artificial. Los paneles más comunes en el mercado son: **Silicio puro mono cristalino**, este tipo de paneles

están basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza, en los laboratorios se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% y en los que se comercializan se alcanza un rendimiento de aproximadamente el 16%, otro panel conocido es el **Silicio puro poli cristalino**, la fabricación de este tipo tiene como base el silicio que se ha estructurado desordenadamente su superficie presenta un aspecto granulado, el rendimiento en laboratorio es del 18,8% y los que se encuentran en el mercado, alcanzan el 14%, y el **silicio amorfo** que también se conoce como lamina delgada están basados en silicio pero no tiene una estructura cristalina, se utilizan para pequeños dispositivos electrónicos, rendimiento máximo en el laboratorio 13%, para comerciantes 8%. [8]

Como principal actor en la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del recurso energético solar es el panel solar, elemento encargado de captar la energía del sol y de transformarla en energía eléctrica que pueda ser usada. Asociado a los paneles existen otros **componentes** que son igualmente importante y se requieren de instalaciones y especificaciones para completar el proceso de generación dentro de ellos se puede mencionar el **Regulador**, es el elemento que uniforma la inyección de corriente desde los paneles a la batería, el regulador obstaculiza el paso de energía cuando la batería se halla completamente cargada evitando así los efectos negativos derivados de una sobrecarga. En todo momento el regulador registra el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica resultante de los paneles cuando esta empieza a bajar. El otro elemento es la **Batería**, ésta acopia la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles no es suficiente o adecuada para satisfacer la demanda ya sea por falta de potencia al atardecer o amanecer o en algún día nublado. La naturaleza de la radiación solar es inestable a lo largo del día y del año, la batería es el componente que solventa esta dificultad ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año, por último se puede mencionar el **Inversor**, que es un elemento que transforma las características de la corriente continua en alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente continua. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos. [9]

Es importante destacar o tener en cuenta algunas ventajas y desventajas que posee la implementación de un sistema de generación por medio de aprovechamiento del recurso energético solar, dentro de la ventajas se puede mencionar que son sistemas sencillos, prácticamente sin piezas móviles, son métodos confiables que adecuadamente dimensionados pueden operar sin fallas entregando su potencia nominal durante muchos años, los mantenimientos son simples desde un punto de vista técnico, poseen modularidad, los costos de operación son bajos y los precios de los combustibles no están determinados por su variación en el tiempo, pueden integrarse a sistemas existentes o nuevos que es una de las finalidades de este proyecto, conectar un sistema Fotovoltaico a un grupo Electrónico y la vida útil es larga de 20 a 30 años. También es significativo anotar algunas desventajas que posee el sistema, primero la inversión inicial es alta y depende de la disponibilidad exigida, en el país no hay suficiente personal calificado para diseñar, instalar y mantener una gran cantidad de sistemas pequeños. [10]



**Figura No 1.** Esquema de generación de energía eléctrica mediante paneles o celdas solares  
**Fuente:** Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE.

### 1.3 ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA FASE DE PRE INVERSIÓN [11]

Las condiciones para pensar en una solución fotovoltaica es que el sistema debe contar con una radiación solar mínima para poder abastecer la demanda máxima, salvo para potencias muy pequeñas, el promedio de radiación solar debe exceder 4 kWh/m<sup>2</sup> día, la topografía u obstáculos locales no deben bloquear más del 50% de las horas de sol teóricas.

Para la construcción del sistema de generación híbrido entre grupos electrógenos y los paneles solares se deben llevar a cabo una serie de estudios con el fin de asemejar los posibles aprovechamientos eléctricos y seleccionar el más viable. El primero de ellos es el Estudio Geológico, estos estudios geológicos y de geotécnica abordan fundamentalmente los aspectos de las tipologías físicas y mecánicas de los materiales para la obra civil. La importancia de este estudio radica en la estabilidad de las estructuras con respecto al suelo, para garantizar una escogencia ajustada de los materiales naturales para la cimentación. Se debe hacer con estudios de campo basados en información obtenida del área de estudio [12].

El segundo estudio para tener en cuenta son los **Estudios Topográficos**, la finalidad de este análisis es obtener mapas cartográficos de la región, cuando no hay estudios cartográficos se recurre a estudios topográficos que permitan obtener los datos necesarios para conocer la nivelación del terreno. [13][14]

El tercer estudio es el **Estudio de la Demanda**, esta se maneja para identificar cual es la demanda de los clientes potenciales del sistema híbrido, en él se tratara de calcular el consumo de energía y la oferta del sistema híbrido que se piensa desarrollar el cual debe ser superior al consumo de los clientes, el cuarto y el más importante es el **Estudio Económico**, es donde se realiza la evaluación económica del proyecto, la organización y desarrollo de éste, además del impacto que causaría en la comunidad como la compra de tierras la reubicación de comunidades etc., este estudio abarca el desarrollo y construcción del sistema híbrido, el mantenimiento, administración y operación. El quinto estudio es el **Estudio de Impacto Ambiental** que radica en evaluar la huella que deja las obras que se construirán y la operación del sistema híbrido. Al final este estudio dará la viabilidad del proyecto o no. [12] [13] [14].

#### 1.3.1 Obras Típicas [15]

Dentro del análisis a desarrollar se tiene contemplado relacionar la energía solar fotovoltaica que consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Para desplegar esta idea es bueno tener en cuenta las obras típicas. En este estudio se utilizara elementos seguidores que son mecanismos capaces de orientar los paneles solares de forma que estos permanezcan cercanos a la perpendicular paralela a los rayos solares, siguiendo el sol desde el este en la salida hasta el oeste en la puesta. Estos aparatos benefician y aumentan la captación de la radiación solar. Los equipos más conocidos en el mercado son:

**Colocación sobre soporte estático.** Este soporte es sencillo y no posee movimiento. Dependiendo de la ubicación de la instalación y de la aplicación que se quiera dar se dotan a los paneles del movimiento más adecuado para captar la mayor radiación solar posible. Este es el sistema más común en las instalaciones actuales.

**Sistemas de seguimiento solar con un eje.** Estos soportes realizar una búsqueda del Sol. La rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. Este tipo de seguimiento es el más sencillo y económico, resultando incompleto, ya que solo podrá seguir la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambas a la vez.

**Sistema de seguimiento solar de dos ejes.** Con este sistema es posible realizar un seguimiento total del Sol en altitud y en azimut, donde siempre se conseguirá que la radiación solar incida perpendicularmente obteniéndose la mayor captación posible. Los medios básicos de regulación de seguimiento solar de dos ejes existentes son los sistemas **mecánicos** que es un motor y engranaje

que necesita ajustes periódicos para adaptar los movimientos del soporte, también existen los dispositivos **automáticos** que poseen sensores que detectan la radiación, y los **dispositivos sin motor** que mediante dilatación de determinados gases su evaporación logran un seguimiento del sol.

En relación con la generación de energía por medio de grupos electrógenos que básicamente son máquinas que se mueven con un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna, en el argot popular se conoce como planta eléctrica. Para implementar estos **grupos electrógenos** en conjunto con los **grupos fotovoltaicos** es necesario también desarrollar una serie de obras, es inevitable construir un sitio para colocar el tanque de almacenamiento de combustible, se requiere un área de tableros de distribución de potencia que pueden estar ubicados en la sala de generación que sirve como base del grupo electrógeno y la protege de la intemperie, también ayuda a evitar la contaminación ambiental por la supresión del alto nivel de ruido que produce los grupos electrógenos. La sala de generación debe estar conformada por una losa de piso armada con refuerzo longitudinal, transversal, perpendicular y horizontal, también debe poseer columnas y vigas, las columnas sirven como soporte de la carga axial de compresión la altura mínima debe ser tres metros y las vigas que pueden ser metálicas o de concreto y sirven para soportar el techo de la sala de generación, se debe contar con unas paredes que tenga un sistema aislante de ruidos y una placa superior, es importante construir un cerramiento, lo cual permite aislar a personas no autorizadas y adicionalmente, por seguridad de los equipos que están dentro. Igualmente, es significativo tener en cuenta que el piso de base deben tener una resistencia de  $250 \text{ Kg/cm}^2$ , también se debe colocar unas bases anti vibratorias que se calculan con el peso bruto del grupo electrógeno y se distribuye en el número de puntos que se deban instalar. Otros factores a considerar en la construcción del área de generación es la cercanía a los centros de distribución de potencia eléctrica, el terreno de ubicación no debe requerir de adecuaciones especiales para soportar el peso integral, deben existir facilidades para acceso y maniobra de vehículos que suministran el combustible y para el mantenimiento.

El sitio de instalación de la planta debe poseer protección contra incendio, sus estructuras y cerramientos deben soportar una hora de fuego, garantizar un apropiado flujo de aire para el enfriamiento y la combustión, debe disponer de protección contra la acción de ambientes hostiles como el polvo y la humedad.

### 1.3.2 Marco Regulatorio en las Zonas No Interconectadas [16] [17] [18]

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) está conformada por el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Departamento Nacional de Planeación, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y cinco (5) expertos de dedicación exclusiva nombrados por el Presidente de la República. Esta comisión es la encargada de desarrollar el marco regulatorio que incentive la inversión en expansión de la capacidad de generación y transmisión del sistema interconectado por parte de inversionistas estratégicos. Establece las formulas con las se fijan las tarifas máximas para la remuneración de las actividades de generación, distribución y comercialización del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas.

#### Fórmula para calcular tarifas máximas

$$CU_{UM} = \frac{G_m}{1 - p} + D_{m, n} + C_m$$

Costo Unitario de prestación del servicio

Costo máximo de generación

Cargo máximo de distribución

Cargo máximo de comercialización

Fracción de pérdidas de energía



La CREG obtuvo estas facultades en virtud a las Leyes 142 y 143 de 1994 aprobadas por el Congreso de la República de Colombia y están enfocadas en la desmonopolización en la prestación de los servicios públicos domiciliarios (art. 15). De esta forma la labor del Estado se vuelve exclusivamente de velar que los servicios sean ofrecidos de una manera eficiente y acorde con el marco legal que este establece. Se consagra así, como obligaciones del Estado la promoción de la libre competencia, controlar la competencia desleal y los abusos de posición dominante, velar por los derechos de los usuarios, asegurar la incorporación de los aspectos ambientales en las actividades del sector eléctrico, asegurar la disponibilidad del servicio y satisfacer las necesidades básicas de la población.

La estructura tarifaria establecida en la Resolución CREG 091 de 2007, y aquellas que la han modificado o complementado, incluye la remuneración de cada una de las actividades necesarias para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica en las ZNI, con los siguientes cargos: **Cargo máximo de generación**, remunera las inversiones en cada tecnología utilizada para la generación de energía eléctrica, el costo del capital invertido, y los gastos de administración, operación y mantenimiento (AOM). **Cargo máximo de distribución**, remunerara al prestador del servicio la infraestructura necesaria para llevar la energía eléctrica desde el punto de salida del generador hasta el punto de entrega al usuario, incluye los costos de conexión del sistema de distribución al generador, pero no incluyen los costos de conexión del usuario al respectivo sistema de distribución, ni los costos de los equipos auxiliares y transformadores elevadores que requiera el generador para conectarse al sistema de distribución. **Cargo máximo base de comercialización**, remunera los gastos operativos, administrativos y de apoyo logístico para el desarrollo eficiente del servicio.

#### Fórmula para calcular Costo de generación tecnología diesel

$$G_m (\$/kWh) = \left( (CI_m + CM_m + M_m) + (CC_m + CL_m) + (CC_m + CL_m) * 0,1 \right) * (1 + CP)$$

Diagrama de la fórmula que muestra la asignación de los términos matemáticos a sus respectivos conceptos económicos:

- $CI_m$ : Costo de Inversión.
- $CM_m$ : Cargo Máximo de Generación.
- $M_m$ : Remuneración de la actividad de Mantenimiento.
- $CC_m$ : Costo de Combustible.
- $CL_m$ : Costo de Lubricante.
- $(CC_m + CL_m) * 0,1$ : Remuneración de las pérdidas de transformación y consumo propio.
- $(1 + CP)$ : Gastos de Administración.
- $(CC_m + CL_m)$ : Costo de Operación.

**CCM**: costo de combustible **CLM**: costo de lubricante. En relación con la aplicación de la fórmula tarifaria, se observa que en las ZNI, continúa predominando el cobro de un valor fijo que en la mayoría en las poblaciones es establecido por usuario, o por punto de conexión a la red. “En un 52% de las poblaciones no se realiza medición del consumo por usuario, esto debido a la falta de contadores o a falta de mantenimiento. El cobro se realiza mediante un valor fijo. Este valor, la mayoría de las veces es establecido por el usuario, por bombillo, por toma corriente, lo que se conoce como aforo de carga. El cobro del servicio mediante Resolución CREG es el segundo método empleado para la facturación del servicio (aplicado en cerca de un 15% de los casos), seguido del cobro de la tarifa con costo fijo y del cobro de la tarifa sin costo fijo.

#### 1.3.3 Aspectos Ambientales. [19]

**Generación eléctrica a partir del Sol:** La energía solar es una de las más beneficiosas pues se caracteriza por ser pura, limpia renovable e inagotable. La producción de energía no produce ningún tipo de contaminación ambiental ya que los elementos constitutivos del sistema fotovoltaico no

interactúan con el medio ambiente. Esto hace que sea idóneo para utilizarla en las Zonas No Interconectadas, ZNI. Dependiendo de la solución solar en términos de generación de energía en MWH por año, se puede calcular emisión de CO2 que se evita, considerando que 1M2 de superficie ocupada por una planta solar evita la emisión anual de 250 a 400 kg de CO2. los módulos fotovoltaicos probablemente son el método de generación de energía eléctrica menos contaminante que se conoce, son silenciosos, no producen emisiones y no emplean combustible. La tecnología en la producción de las celdas solares está basada en el silicio, el segundo elemento más común sobre la superficie terrestre, que no es toxico.

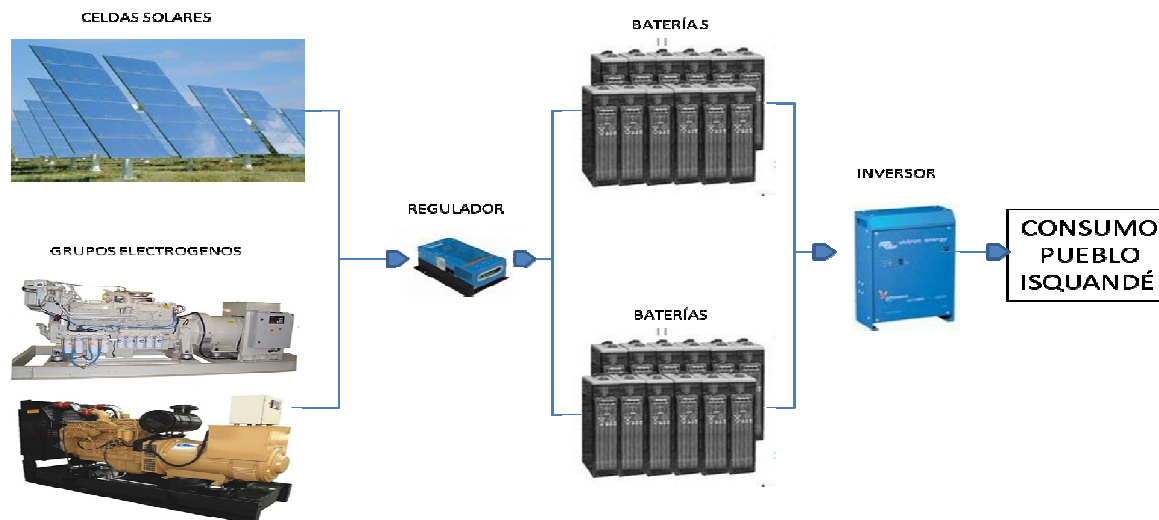
**Generación eléctrica a partir de combustible fósil (Diesel):** La generación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos que utilizan como combustible el diesel generan agentes contaminantes que contribuyen negativamente a la problemática actual relacionada con el cambio climático y al incremento de los gases de efecto invernadero. Por esta razón hay una mayor responsabilidad y compromiso de los gobiernos que invierten recursos para innovar y modernizar los equipos, favoreciendo el mercado y el ecosistema. Se presenta a continuación una tabla que muestra las tasas de los agentes contaminantes de una planta de 80 kW, que utiliza diferentes tipos de combustible fósil.

**Tabla 1: Tasas de agentes contaminantes para una planta generadora de 80 kW.**

Tipo de combustible	Tasa de agentes contaminantes ( g/kWh)			
	HC	Nox	CO	P.M
GLP	0,14	0,11	4,61	0,03
Gas natural	0,09	0,62	3,49	0,03
Diesel	0,40	6,43	1,21	0,25
Costo de impacto ambiental ( Euros/Kg)	0,70	15,7	0,02	120

Fuente: World LP gas Association, 2009

## 2. PROPUESTA: ANÁLISIS DE PRE INVERSIÓN PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA POBLACIÓN DE ISQUANDÉ, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN.



**Figura No 2** Esquema del proyecto que se pretende evaluar para su implementación en Isquandé **Fuente:** Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE.

El objeto de este trabajo es evaluar a través de un análisis lógico financiero y económico, dos alternativas para el suministro de energía eléctrica a la población de Iscuandé, Nariño que como ya se menciona, consisten básicamente en generar energía eléctrica mediante grupos electrógenos con base en combustible fósil y/o una solución combinada de generación energética mediante una fuente de energía solar y grupos electrógenos, respectivamente. Para ello se utilizó información técnica del IPSE relacionada con el estado del grupo generador y la infraestructura eléctrica existente y adoptamos como información base un estudio de una solución energética a una población similar a la de Iscuandé, haciendo los ajustes respectivos. Es importante reconocer que existen grandes posibilidades de utilizar los aportes fotovoltaicos como posible solución energética, en virtud del potencial solar que existe en el Pacífico Colombiano, en particular, en la población de Iscuandé, y considerando además, la política gubernamental de llevar energía durante 24 horas a estas zonas apartadas.

Para evaluar la viabilidad financiera del proyecto propuesto, es importante hablar de las etapas que hay que atender, para considerar los costos asociados a cada una de ellas, las cuales son: levantamiento de información, pre factibilidad, factibilidad y diseño. Desde otro punto de vista también es importante analizar los costos relacionados con la inversión inicial, los costos pre operativos, los costos de operación y mantenimiento (OM). En esta evaluación financiera los ingresos se reflejan en la venta de energía, los ahorros en el valor del combustible por el aporte de la planta fotovoltaica en la atención de la demanda de energía y el ahorro originado en la no utilización de otros energéticos sustitutos. Por su parte, los costos están asociados con el combustible y los costos de operación y mantenimiento.

La información de los ingresos y costos se llevan a un flujo, utilizando una tasa de descuento, durante la vida útil de la planta solar, lo cual nos debe llevar a concluir mediante algunos indicadores si es o no viable la implementación de una solución híbrida (Solar más Diesel) para generar energía y suministrarla a la población de Iscuandé durante 24 horas.

### **3. EVALUACIONES**[21][22][23][24]

El presente trabajo se evaluará desde el punto de vista financiero, para que un particular pueda evaluar la posibilidad de invertir y realizar la prestación del servicio y también se realizará una evaluación económica, considerando que la política del gobierno es mejorar la calidad de vida de la colectividad que habita en Iscuandé, suministrando energía eléctrica durante las 24 horas.

#### **3.1. EVALUACIÓN FINANCIERA.**

##### **3.1.1. Aspectos Financieros [19]**

Un factor muy importante en la realización de cualquier tipo de proyecto de generación de energía eléctrica son los costos, los cuales incluyen la inversión inicial y los costos de operación. Estos costos tienen componentes adicionales asociados con la accesibilidad, por tratarse de zonas aisladas, lo cual incrementa el valor total; sin embargo, existen otros criterios que justifican este tipo de proyectos y tienen que ver con la implementación de la política del gobierno de llevar energía durante 24 horas a estas poblaciones, generando desarrollo socio económico y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

##### **3.1.2. Estructura General De Los Costos Del Proyecto**

los costos de generación de energía involucran dos grandes grupos de costos dependiendo del momento en que se causan, se trata de los costos pre operativos que son básicamente las inversiones que se realizan por una sola vez y los costos periódicos fijos y variables que garantizan la operación de la planta de generación.

Para la determinación de los costos anteriormente indicados se consideran los siguientes tres grupos de variables:

**Variables Geográficas:** Estas variables comprenden el potencial energético del recurso en la región, y la infraestructura disponible sobre las vías de acceso, líneas de conexión eléctrica y gasoductos. Esta infraestructura incide en los costos pre operativos asociados con las obras de infraestructura requeridas en el proyecto.

**Planta Típica:** Se definen las características del sistema de generación tales como la capacidad de generación, factor de planta, vida útil y eficiencia. Estas variables tienen incidencia directa en los diferentes componentes de los costos pre operativo y operativo.

**Regulación y leyes:** Estas variables tienen que ver con los costos de ley que afectan los costos pre operativos y operativos relacionados con los procesos de nacionalización de los equipos de importación, principalmente equipos que conforman la generación solar fotovoltaica. Los equipos de la planta Diesel no obstante que son de fabricación foránea se obtienen en el país.

A continuación se presenta un resumen de los costos para cada tipo de tecnología de generación de energía, propuesta en este trabajo

### 3.1.3. Estructura General De Costos

#### Costos Pre Operativos

Estos costos están asociados principalmente con los costos de viabilidad, dentro de los cuales se contemplan los estudios, la ingeniería necesaria, la adquisición e instalación de los equipos de energía renovable, la adquisición de un grupo electrógeno nuevo y la construcción de accesorios, tal como se indica a continuación:

**Infraestructura:** Se considera todo lo relacionado con las vías de acceso, líneas de distribución de energía, campamentos y oficinas

**Obras Civiles:** Se requiere una adecuación del terreno, corte de maleza, movimiento y disposición apropiada de tierras, pilotes de soporte, cerramientos, vías de acceso y paisajismo. Adicionalmente, Las obras necesarias para los pedestales con el fin de instalar los paneles solares y unos equipos rotatorios para aprovechar mejor la radiación solar. El grupo electrógeno se instala sobre las obras civiles existentes

**Equipo nacional:** En esta componente se tienen en cuenta las baterías, materiales eléctricos como conductores y conectores para efectuar la conexión de los módulos fotovoltaicos al inversor y éste a la caja de contactos, también se requieren protecciones para cada circuito y un seccionador para aislar el inversor. Igualmente se incluye dentro de este rubro el grupo electrógeno por ser un equipo que se adquiere nacionalizado en el país.

**Equipo importado:** En este ítem se incluyen los equipos de generación que corresponden a los módulos fotovoltaicos, cuyo costo depende de la capacidad nominal de diseño en (KWp). Igualmente esta el inversor, cuyo costo depende de la potencia total de salida del sistema fotovoltaico en (KWp), los equipos de integración y control de carga y los accesorios de protección del inversor.

**Estudios e Ingeniería:** En esta fase se tienen en cuenta los costos de los estudios y del diseño estructural y eléctrico del sistema fotovoltaico, el manejo de los contratistas y la supervisión e interventoría de la obra.

**Inversión:** Los equipos son importados de Europa, excepto el generador diesel de respaldo. De acuerdo con el diseño de la solución energética híbrida, la inversión para el proyecto sería la siguiente:

**Tabla. No. 2 Costos pre operativos (Inversión)**

<b>Equipo</b>	<b>Características técnicas</b>		<b>Valor en \$</b>	<b>Valor en Euros</b>
Modulo Solar	Potencia (Kwp)	710	4.049.432.877	1.714.408,50
Inversor	Potencia (Kwp)	640	903.960.737	382.709,88
Banco de baterías	Capacidad (Ah)	15500	3.210.638.256	1.359.288,00
	Voltaje ( V)	480		
	Capacidad ( Kwh)	7440		
Sistema de integración y control	Corriente (KA)	1,33	16.810.009	7.116,85
Generador de respaldo	Potencia (kW)	350	150.000.000	
Costo Total Equipos			8.330.841.879	3.463.523,23
Costo Total Equipos			9.852.266.079	4.107.648,64
Obra Civil		7%	689.658.626	1.300.000,00
Montaje y puesta en servicio		7%	689.658.626	
Costo total de la obra			\$11.231.583.33	
Diseño más estudios		3%	\$336.947.500	
Costo total con diseño			\$11.568.530.83	
Interventoría		4%	\$449.263.333	
<b>Gran Total Inversión ( Gastos pre operativos )</b>			<b>\$12.017.794.16</b>	

Fuente: los Autores Nota: Cálculos efectuados a partir de estudio para Miraflores

**Tabla No 3 Cálculo de la Evaluación Financiera. Flujo de Caja Proyectado.**

<b>SITUACION CON PROYECTO</b>							
<b>GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>							
<b>AÑO</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Bajada producción ( datos del fabricante)			0,008	0,016	0,024	0,032	0,04
Aportación Fotovoltaica proyectada [kWhe]		673.572	678.206	672.737	667.268	661.798	656.329
Ingresos venta de energía		\$ 804.918.911	\$ 810.456.754	\$ 803.920.812	\$ 797.384.870	\$ 790.848.929	\$ 784.312.987
Ahorros por combustible aportación fotovoltaica		429.485.711	432.440.573	428.953.149	425.465.725	421.978.301	418.490.877
Ahorro por la no utilización de otros energéticos		189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000
Ingresos		1.423.404.623	1.431.897.326	1.421.873.961	1.411.850.595	1.401.827.230	1.391.803.864
Costos		78.112.197	78.649.609	78.015.338	77.381.067	76.746.796	76.112.525
Operación y Mantenimiento		\$ 78.112.197	\$ 78.649.609	\$ 78.015.338	\$ 77.381.067	\$ 76.746.796	\$ 76.112.525
Operación		\$ 59.508.210	\$ 59.917.626	\$ 59.434.419	\$ 58.951.213	\$ 58.468.006	\$ 57.984.799
Mantenimiento ( Incluye Limpieza paneles, revisión protecciones y cableado, reposición baterías cada 4 añosy mantenimiento correctivo)		\$ 18.603.988	\$ 18.731.983	\$ 18.580.919	\$ 18.429.854	\$ 18.278.790	\$ 18.127.726
Tarifa venta energía eléctrica [\$/kWhe]	\$ 1.195						
Inversión	-\$ 12.017.794.163						
<b>Resultados Explotación Fotovoltaica</b>	<b>-\$ 12.017.794.163</b>	<b>1.345.292.425</b>	<b>1.353.247.717</b>	<b>1.343.858.623</b>	<b>1.334.469.528</b>	<b>1.325.080.434</b>	<b>1.315.691.339</b>
<b>GENERADOR DIESEL</b>							
Aportación Diesel proyectada [kWhe]		589.626	603.940	628.641	653.631	678.914	704.494
Ingreso venta de energía		704.603.070	721.708.058	751.226.471	781.089.622	811.302.681	841.870.897
Costos		512.331.496	524.768.887	546.232.338	567.946.453	589.914.995	612.141.778
Operación y Mantenimiento		\$ 86.166.169	\$ 88.257.945	\$ 91.867.762	\$ 95.519.738	\$ 99.214.504	\$ 102.952.703
Operación		\$ 52.091.790	\$ 53.356.374	\$ 55.538.691	\$ 57.746.494	\$ 59.980.166	\$ 62.240.095
Mantenimiento ( Incluye reposición planta cada 15000 horas)		\$ 34.074.379	\$ 34.901.571	\$ 36.329.072	\$ 37.773.244	\$ 39.234.338	\$ 40.712.607
Combustible		\$ 426.165.327	\$ 436.510.943	\$ 454.364.575	\$ 472.426.715	\$ 490.700.491	\$ 509.189.075
<b>Resultado Explotación Diesel</b>		<b>192.271.574</b>	<b>196.939.170</b>	<b>204.994.134</b>	<b>213.143.169</b>	<b>221.387.686</b>	<b>229.729.119</b>
<b>Resultado Neto Explotación Híbrida</b>	<b>-\$ 12.017.794.163</b>	<b>1.537.563.999</b>	<b>1.550.186.888</b>	<b>1.548.852.756</b>	<b>1.547.612.697</b>	<b>1.546.468.120</b>	<b>1.545.420.458</b>
<b>SITUACION SIN PROYECTO</b>							
<b>GENERADOR DIESEL</b>							
Energía Generada Proyectada ( Tasa de crecimiento 1.5%)		1.263.198	1.282.146	1.301.378	1.320.899	1.340.713	1.360.823
Ingreso Venta Energía		\$ 1.136.878.480	\$ 1.153.931.657	\$ 1.171.240.632	\$ 1.188.809.241	\$ 1.206.641.380	\$ 1.224.741.001
Costos Totales		\$ 990.045.260	\$ 1.004.895.938	\$ 1.019.969.378	\$ 1.035.268.918	\$ 1.050.797.952	\$ 1.066.559.921
Operación y Mantenimiento		\$ 184.600.000	\$ 187.369.000	\$ 190.179.535	\$ 193.032.228	\$ 195.927.711	\$ 198.866.627
Operación		\$ 111.600.000	\$ 113.274.000	\$ 114.973.110	\$ 116.697.707	\$ 118.448.172	\$ 120.224.895
Mantenimiento ( Incluye reposición planta cada 15000 horas)		\$ 73.000.000	\$ 74.095.000	\$ 75.206.425	\$ 76.334.521	\$ 77.479.539	\$ 78.641.732
Utilización otros energéticos (Velas, Pilas, Leña, gas)							
Combustible		\$ 805.445.260	\$ 817.526.938	\$ 829.789.843	\$ 842.236.690	\$ 854.870.241	\$ 867.693.294
Flujo Situación Sin Proyecto		146.833.220	149.035.718	151.271.254	153.540.323	155.843.428	158.181.079
Tarifa venta energía eléctrica [\$/kWhe]	\$ 900						
<b>Flujo Situación con proyecto menos situación sin proyecto</b>	<b>-12.017.794.163</b>	<b>1.390.730.779</b>	<b>1.401.151.169</b>	<b>1.397.581.502</b>	<b>1.394.072.374</b>	<b>1.390.624.692</b>	<b>1.387.239.379</b>

<b>VPN</b>	<b>TD</b>
<b>1.800.305.593</b>	<b>8%</b>

**Nota:** Por motivos de presentación no se puede mostrar todos los años pero en el CD que se anexa se ilustra todo el flujo.

Para realizar el cálculo de la Evaluación Financiera se tuvo en cuenta dos escenarios que son la situación actual que es generación de electricidad con un grupo electrógeno que está en malas condiciones y que su vida útil está por cumplirse y la situación con proyecto que es la generación de electricidad por medio de un Sistema Híbrido con grupo electrógeno diesel nuevo y un sistema fotovoltaico, se realiza un flujo de caja para las dos circunstancias y se efectúa un delta, al flujo final se le aplica el Valor presente Neto **VPN** que para este caso es positivo \$1.800.305.593 con una tasa de oportunidad del 8% , lo que representa que los inversionistas recuperan su inversión y tiene una ganancia en el tiempo.

#### **3.1.4. Costos Operativos**

Dentro de estos costos se contabiliza la Operación y Mantenimiento (OM) tanto fijo como variable. En costos de mantenimiento se ha previsto el cambio de baterías cada cuatro años, limpieza de paneles, revisión protecciones y cableado y un rubro para mantenimiento correctivo (reparaciones), el cambio del grupo electrógeno cada 15.000 horas, así como el combustible consumido

#### **3.1.5. Ingresos Anuales del Proyecto**

Los ingresos de la situación con proyecto (generación solar más diesel) esta representados en la venta de energía, ahorros por la no utilización de otros energéticos (pilas, leña, batería, gas etc.), ahorro por la no utilización de combustible debido al aporte fotovoltaico

**Evaluación Económica:** La evaluación económica se enfoca a la colectividad, el objetivo del análisis de la evaluación es maximizar el aporte neto del proyecto al bienestar económico de una colectividad, como un criterio de decisión se determina el Beneficio neto económico (VNE), los precios utilizados en la evaluación son los de cuenta o precios sombra o precios de eficiencia. Para esta evaluación los beneficios y costos que se tienen en cuenta son impactos reales, directos e indirectos, no la diferencia entre quienes sean los efectuados. No incluye los subsidios del Gobierno Nacional. El impacto neto sobre la colectividad nacional es nulo

**Situación sin Proyecto:** según en el estudio socio económico la población urbana de Iscuandé es de 4800 habitantes aproximadamente. Debido a que esta población utiliza Leña y velas para cocción y alumbrado respectivamente según la encuesta realizada existe un alto índice de enfermedades visuales y respiratoria se asume un 5% de población que se enferma al mes es decir 240 personas lo que origina unos costos para la economía del país por concepto de atención médica, medicamentos e incapacidades, lo cual se valoriza en la evaluación económica.

**Situación con Proyecto:** una vez implementado el proyecto se espera, aumentar la cobertura de la prestación del servicio de energía de 8 a 24 horas, reducir el índice de enfermedades en un 10%, en los primeros 5 años, esto implica para la economía unos beneficios económicos por concepto de menores personas que asisten al médico y menor cantidad de medicinas y adicional a esto disminuyen los días de incapacidad aumentando la productividad laboral.

### **3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA [20]**

Con el estudio socio-económico se busca evidenciar los factores económicos y sociales que caracterizan el desarrollo económico en la zona de estudio. El análisis demográfico ilustra los aspectos relacionados, la estructura y crecimiento poblacional, estos aspectos y el análisis de las principales actividades económicas demuestran la tendencia de su evolución demográfica, y cómo puede afectar la demanda futura de recursos energéticos.

**Tabla No 4 Calculo Evaluación Económica.**

<b>SITUACION CON PROYECTO</b>							
<b>GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>							
	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Bajada producción ( datos del fabricante)			0,008	0,016	0,024	0,032	0,04
Aportación Fotovoltaica proyectada [kWhe]		673.572	678.206	672.737	667.268	661.798	656.329
Beneficio venta de energía		\$ 804.918.911	\$ 810.456.754	\$ 803.920.812	\$ 797.384.870	\$ 790.848.929	\$ 784.312.987
Ahorros por combustible aportación		429.485.711	432.440.573	428.953.149	425.465.725	421.978.301	418.490.877
Ahorro por la no utilización de otros		189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000	189.000.000
Tasa de disminución de las enfermedades		0,02	0,03	0,04	0,06	0,1	0,15
Beneficio por disminución de enfermedades		127.008.000	125.712.000	124.416.000	121.824.000	116.640.000	110.160.000
Beneficio por disminución de medicamentos		87.212.160	86.322.240	85.432.320	83.652.480	80.092.800	75.643.200
beneficio por disponibilidad laboral		15.465.205	15.307.397	15.149.589	14.833.973	14.202.740	13.413.699
Beneficios económicos		1.653.089.988	1.659.238.964	1.646.871.870	1.632.161.048	1.612.762.769	1.591.020.763
Costos económicos		78.112.197	78.649.609	78.015.338	77.381.067	76.746.796	76.112.525
Operación y Mantenimiento		\$ 78.112.197	\$ 78.649.609	\$ 78.015.338	\$ 77.381.067	\$ 76.746.796	\$ 76.112.525
Operación		\$ 59.508.210	\$ 59.917.626	\$ 59.434.419	\$ 58.951.213	\$ 58.468.006	\$ 57.984.799
Mantenimiento ( Incluye Limpieza paneles,		\$ 18.603.988	\$ 18.731.983	\$ 18.580.919	\$ 18.429.854	\$ 18.278.790	\$ 18.127.726
Tarifa venta de energía	\$ 1.195						
Inversión	-\$ 12.017.794.163						
<b>Resultados Explotación Fotovoltaica</b>	<b>-\$ 12.017.794.163</b>	<b>1.574.977.791</b>	<b>1.580.589.354</b>	<b>1.568.856.532</b>	<b>1.554.779.981</b>	<b>1.536.015.973</b>	<b>1.514.908.238</b>
<b>GENERADOR DIESEL</b>							
Aportación Diesel proyectada [kWhe]		589.626	603.940	628.641	653.631	678.914	704.494
Ingreso venta de energía		704.603.070	721.708.058	751.226.471	781.089.622	811.302.681	841.870.897
Costos económicos		512.331.496	524.768.887	546.232.338	567.946.453	589.914.995	612.141.778
Operación y Mantenimiento		\$ 86.166.169	\$ 88.257.945	\$ 91.867.762	\$ 95.519.738	\$ 99.214.504	\$ 102.952.703
Operación		\$ 52.091.790	\$ 53.356.374	\$ 55.538.691	\$ 57.746.494	\$ 59.980.166	\$ 62.240.095
Mantenimiento ( Incluye reposición planta		\$ 34.074.379	\$ 34.901.571	\$ 36.329.072	\$ 37.773.244	\$ 39.234.338	\$ 40.712.607
Combustible		\$ 426.165.327	\$ 436.510.943	\$ 454.364.575	\$ 472.426.715	\$ 490.700.491	\$ 509.189.075
Resultado Explotación Diesel		192.271.574	196.939.170	204.994.134	213.143.169	221.387.686	229.729.119
<b>Resultado Neto Explotación Híbrida</b>	<b>-12.017.794.163</b>	<b>1.767.249.365</b>	<b>1.777.528.525</b>	<b>1.773.850.665</b>	<b>1.767.923.149</b>	<b>1.757.403.660</b>	<b>1.744.637.357</b>
<b>SITUACION SIN PROYECTO</b>							
<b>GENERADOR DIESEL</b>							
Energía Generada Proyectada (Tasa de		1.263.198	1.282.146	1.301.378	1.320.899	1.340.713	1.360.823
Beneficio Venta Energía		\$ 1.136.878.480	\$ 1.153.931.657	\$ 1.171.240.632	\$ 1.188.809.241	\$ 1.206.641.380	\$ 1.224.741.001
Costos Totales		\$ 1.221.826.082	\$ 1.004.895.938	\$ 1.019.969.378	\$ 1.035.268.918	\$ 1.050.797.952	\$ 1.066.559.921
Operación y Mantenimiento		\$ 184.600.000	\$ 187.369.000	\$ 190.179.535	\$ 193.032.228	\$ 195.927.711	\$ 198.866.627
Operación		\$ 111.600.000	\$ 113.274.000	\$ 114.973.110	\$ 116.697.707	\$ 118.448.172	\$ 120.224.895
Mantenimiento ( Incluye reposición planta		\$ 73.000.000	\$ 74.095.000	\$ 75.206.425	\$ 76.334.521	\$ 77.479.539	\$ 78.641.732
Combustible		\$ 805.445.260	\$ 817.526.938	\$ 829.789.843	\$ 842.236.690	\$ 854.870.241	\$ 867.693.294
Costos por enfermedades		\$ 231.780.822	\$ 235.668.822	\$ 239.647.542	\$ 243.719.444	\$ 247.887.063	\$ 252.153.004
Atención medica		\$ 129.600.000	\$ 130.896.000	\$ 132.204.960	\$ 133.527.010	\$ 134.862.280	\$ 136.210.902
Medicamentos		\$ 86.400.000	\$ 88.992.000	\$ 91.661.760	\$ 94.411.613	\$ 97.243.961	\$ 100.161.280
Incapacidades		\$ 15.780.822	\$ 15.780.822	\$ 15.780.822	\$ 15.780.822	\$ 15.780.822	\$ 15.780.822
Flujo Situación Sin Proyecto		-84.947.602	149.035.718	151.271.254	153.540.323	155.843.428	158.181.079
Tarifa venta energía eléctrica [\$/kWhe]	\$ 900						
<b>Flujo Situación con proyecto menos</b>	<b>-12.017.794.163</b>	<b>1.852.196.966</b>	<b>1.628.492.806</b>	<b>1.622.579.411</b>	<b>1.614.382.826</b>	<b>1.601.560.232</b>	<b>1.586.456.277</b>

<b>VPN</b>	<b>TD</b>
<b>3.425.650.098</b>	<b>8%</b>

**Nota:** Por motivos de presentación no se puede mostrar todos los años pero en el CD que se anexa se ilustra todo el flujo



Al hacer la evaluación del proyecto desde la perspectiva económica, considerando los dos escenarios antes mencionados, se obtiene un Valor Presente Neto **VPN** positivo (\$3.425.650.098) con una tasa de oportunidad del 8% , a diferencia de la evaluación financiera, la evaluación económica determina que aporte o contribución el proyecto hace para al crecimiento de la economía bajo el concepto de la colectividad y la eficiencia, donde se explica que con la entrada del proyecto son mayores los beneficios que los costos, incluyendo la inversión inicial realizada.

**Población:** Iscuandé tenía una población total de 17.361 habitantes en 1993, creciendo a 18.463 en el año 2000 y 19.183 en el año 2005, siendo las tasas de crecimiento de este municipio de 0.9% anual entre 1993 y 2000 y del 0.77% entre el año 2000 y el año 2005. Este crecimiento se ha acelerado principalmente en las zonas urbanas, distribuyéndose 75% rural y 25% urbano. El tamaño de la familia promedio, en Iscuandé es de 7.24 personas por hogar. Al comparar el tamaño de las familias en las diferentes zonas, no se encuentran diferencias significativas. La importancia del número de personas en una familia y el rango de edad de cada uno de los miembros están estrechamente relacionados con las actividades productivas realizadas y con la distribución de actividades. Los últimos indicadores publicados se muestran en la tabla de indicadores del mercado laboral.

**Actividades Económicas:** La principal actividad desarrollada en el municipio tiene que ver con la economía campesina agrícola de subsistencia, la cual se caracteriza por su baja tecnificación, productividad y eficiencia. La parte agrícola y pecuaria del municipio carecen de asistencia técnica, no presentan rendimientos importantes para la población y son más bien para el autoconsumo familiar. En orden los principales sectores económicos representativos para el municipio son la agricultura, la pesca y la explotación maderera

**Agricultura:** Esta actividad económica se realiza fundamentalmente para la subsistencia. Las explotaciones agrícolas se dan en las riveras de los ríos, en parcelas que van de una (1) hasta veinte (20) hectáreas, donde se utiliza la mano de obra familiar para todas las etapas del cultivo y no producen sobrantes que puedan ser comercializados. Los principales productos que se cultivan en la zona de Iscuandé son: Plátano, arroz, caña de azúcar, maíz y frutales, productos que solo en casos eventuales generan ingresos o rentabilidad a los cultivadores. Lo anterior se suma a que no existe una red de transporte adecuada o una red de comercialización establecida que permita un mercado significativo.

**Sector Pesquero:** A lo largo de la costa Iscuandereña hay más de 12 pueblos dedicados a la actividad pesquera que albergan poco más de 250 pescadores profesionales de pequeña escala, que pescan en forma individual, con unos grados de asociación y con utilización de aparejos en muy baja escala. A falta de congelamiento y refrigeración la conservación del producto se realiza con la técnica del secado al sol y el ahumado, solo en contados sitios existen cuartos fríos donde se pueda almacenar el pescado y marisco para comercializar. No existen registros de pesca, pues los pescadores además de no estar organizados comunitariamente, se encuentran dispersos a lo largo y ancho de la geografía municipal, siendo muy difícil la cuantificación de lo producido diariamente.

**Sector Forestal:** El 95% del suelo del Municipio está compuesto de bosques y de este se extrae la madera para la industria de la construcción y muebles. La principal actividad productiva, es la extracción de madera, que se hace en forma rudimentaria y origina problemas ecológicos. Uno de ellos aparece con los canales de transporte que se establecen para llevar la madera a los diferentes aserríos y en cuya construcción se llega a modificar el drenaje y la sedimentación de los sistemas hídricos, y en consecuencia el hábitat de la especies.

Los resultados económicos de esta actividad no se han podido cuantificar pues no existe ningún control sobre el recurso explotado y las actividades se realizan sin control real de las autoridades, no figurando estos datos de estas explotaciones en los registros municipales, ni de otras entidades, de allí que sea difícil dar cuenta de cuanto significa esta explotación para el habitante iscuandereño, que en últimas actúa tan sólo como cortero, pues el valor agregado se quedan en los aserríos ubicados principalmente en Buenaventura (Valle), quienes son en verdad los únicos beneficiados de estas explotaciones.

**Educación:** Otro de los aspectos importantes para poder apreciar el grado de desarrollo de una comunidad es principalmente la educación, factor primordial para que un pueblo crezca su estructura social, económica y cultural. Mayor educación indica una mejor condición de aprendizaje que permite una mayor diversificación de trabajo. Los problemas que presenta la educación en Iscuandé se deriva principalmente de su estructura económica y social, basada en la producción de subsistencia donde toda la familia debe realizar la función de educar a los hijos. La mayor parte de las escuelas de educación primaria en el municipio están en mal estado y no cuentan con apoyo o programas necesarios para un proceso de educación integral.

**Electricidad:** Actualmente a Empresa que provee la energía Eléctrica a Iscuandé es ENERISCUANDÉ, la cual administra los subsidios a localidades cercanas. En la zona urbana existen cuatro plantas, dos de ellas están en mal estado

**Tabla No 5 Estado grupos electrógenos existentes**

PLANTA	ESTADO			CAPACIDAD KVA	COSTO KW/HORA
	BUENA	REGULA	MALO		
PERKINS			X	97	
DETRIT DIESEL S-40			X	125	
KOLLER	X			300	
YANERA SERIE 671		X		120	
Fuente: Eneriscuande, Febrero de 2008					

Todas estas plantas funcionan con Diesel y prestan el servicio únicamente en la zona urbana de 6 pm a 11:30pm (5 horas y media al día). Las comunidades donde no se presta el servicio, utilizan kerosene, velas y leña para proveerse de energía, ya sea para alumbrarse o para la preparación de alimentos. Esto viene ocasionando un grave deterioro ambiental por la frecuente tala de árboles, además de la contaminación por el humo en las viviendas y el riesgo de incendio. Cabe mencionar que algunos comerciantes tanto de la zona urbana como la rural utilizan sus plantas eléctricas, para realizar sus actividades comerciales, aun así las plantas se encuentran en mal estado y la potencia a veces no son suficientes para alumbrar a la respectiva comunidad que día a día crece.

#### 4. CONCLUSIONES

El proyecto es viable financieramente, considerando que el Valor Presente Neto es positivo (\$ 1.800.305.593) es decir el inversionista recupera su inversión con tasa de oportunidad del 8%, el flujo se calculó para 20 años. Es cierto que la inversión inicial es alta y que los ingresos en los primeros años no son los esperados pero su salvación es posible y su rentabilidad es aceptable.

Es factible el proyecto desde la perspectiva de que la normatividad Colombiana garantiza el comercio total de la energía generada lo cual asegura razonablemente los ingresos

Contemplar una solución con módulos solares para abastecer de energía al pueblo de Iscuandé desarrolla un mejoramiento en el medio ambiente de la región, este sistema contamina menos. La instalación de este sistema evita postes, grandes torres, tendidos excesivos de cables y sus impactos visuales son reducidos, además no genera ruidos, asimismo su instalación es simple, requiere de poco mantenimiento, tiene una vida larga, resiste condiciones climáticas extremas como el granizo, el viento, la temperatura y la humedad.

El sistema híbrido de grupos electrógenos y celdas fotovoltaicas que se tiene contemplado desarrollar en esta región aumenta la oferta de energía para el pueblo de Iscuandé, la generación de electricidad por este medio beneficia a la comunidad en general.

Con la entrada del proyecto se presenta un beneficio para la Economía, puesto que el Valor Presente Neto calculado dio \$ 3.425.650.098, analizando este resultado se puede afirmar que la comunidad

del pueblo de Iscuandé tendrá un mejoramiento en la salubridad en cuanto se refiere a disminución de enfermedades, consumo medicamentos y días de incapacidad.

## 5. RECOMENDACIONES

Cuando se desarrollan estos proyectos la inversión inicial es alta, lo importante del análisis es explicar al inversionista ya sea el Estado o el sector privado, que se tendrá una recuperación en el tiempo y que su implementación ayuda de manera significativa a mejorar el medio ambiente.

Para la implementación de la solución fotovoltaica se debe escoger un lote que este lo más libre posible en cuanto se refiere a la dirección de los rayos de sol, esto permite mayor eficiencia del sistema y por lo tanto un mejor aporte de energía.

La compra de los grupos electrógenos como los equipos asociados con la solución fotovoltaica se deben hacer con marcas reconocidas en el mercado y que tengan experiencia, con el fin de evitar fallas prematuras e ineficiencia del sistema a corto plazo.

Para asegurar un buen funcionamiento del sistema en los años de su vida útil se debe hacer un programa de capacitación al personal que se encarga de realizar los trabajos de operación, mantenimiento y cuidado de los equipos instalados, esto para asegurar el buen funcionamiento del sistema y para optimizar al máximo los recursos del mismo.

El personal de la región no está capacitado para elaborar trabajos sobre estos sistemas, es necesario llevar gente del interior para montar máquinas y celdas y contar con el soporte técnico del fabricante

Si el proyecto se efectúa por medio de licitación pública se debe exigir a los interesados una visita de obra obligatoria esto para evitar que las empresas contratantes desconozcan las situaciones actuales del municipio en cuanto se refiere a ubicación, transporte, seguridad, entre otras.

## 6. GLOSARIO

**Cambio Climático:** Se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables

**Célula fotovoltaica:** Dispositivo que utiliza el efecto fotovoltaico y permite la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica.

**Combustión:** es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

**Comercialización:** actividad consistente en la compra de energía eléctrica y su venta a los usuarios finales, regulados o no regulados que se sujetará a las disposiciones previstas en esta Ley y en la de servicios públicos domiciliarios en lo pertinente.

**CREG:** Comisión de Regulación de Energía y Gas

**Costo Unitario de Prestación del Servicio de Energía Eléctrica:** Es el costo económico eficiente de prestación del servicio al usuario final regulado, expresado en pesos por kilovatio hora (\$/kWh) y en pesos por factura que resulta de aplicar la fórmula tarifaria general establecida en la presente resolución, y que corresponde a la suma de los costos eficientes de cada una de las actividades de la cadena eléctrica.

**Efecto Invernadero:** fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación estelar. Afecta a todos los cuerpos planetarios rocosos dotados de

atmósfera. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero. En el sistema solar, los planetas que presentan efecto invernadero son Venus, la Tierra y Marte.

**Electrificación:** Suministro de electricidad a una actividad, maquinaria, poblado, etc.

**Energía:** Capacidad de un sistema para producir acciones externas. Existen varios tipos de energía dependiendo de su forma. Energías mecánicas- Formas de la energía térmica: energía interna, entalpía.- Energía de los enlaces químicos. Energía de los enlaces físicos- Energía de las radiaciones electromagnéticas y Energía eléctrica.

**Energía solar:** Aunque las energías eólica, hidráulica, de la biomasa y otras tienen también origen solar, para los fines de este glosario se considerará como energía solar aquella que utiliza directamente el calor o la luz del sol.

**Impacto ambiental:** Efecto de los cambios debido a factores bióticos y no bióticos sobre un ecosistema. Los factores bióticos son los provocados por la acción de organismos vivos (hombres, animales, plantas) y los no bióticos, provocados por la influencia de factores inanimados (climatológicos, edafológicos).

**Iluminación energética de la radiación solar:** Flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo. Se trata de una densidad de potencia expresada normalmente en  $W/m^2$  o  $J/(m^2s)$ .

**Inversor:** Instalación cuya finalidad es convertir la corriente continua en corriente alterna.

**Módulo solar:** Elemento básico, manejable o transportable, de un sistema fotovoltaico compuesto por células solares interconectadas. La densidad de ocupación expresa la relación entre la superficie de todas las células y la del módulo sobre el que están montadas.

**Panel solar:** Conjunto de módulos solares, montados en serie, en paralelo, o en forma mixta. La estructura global constituida por esas distintas configuraciones de paneles y su soporte forman un generador solar cuyas características (superficie ocupada, corriente suministrada, etc.) pueden definirse claramente.

**Pérdidas Técnicas de Energía:** Energía que se pierde en los Sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local durante el transporte y la transformación de la energía eléctrica y cuya metodología de cálculo definirá la Comisión en resolución aparte.

**Potencia:** Energía suministrada por unidad de tiempo.

**Redes de distribución:** conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio o municipios adyacentes o asociados mediante cualquiera de las formas previstas en la Constitución Política.

**Red nacional de interconexión:** conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, destinadas al servicio de todos los integrantes del sistema interconectado nacional.

**Redes regionales o interregionales de transmisión:** conjunto de líneas de transmisión y subestaciones, con sus equipos asociados, destinadas al servicio de un grupo de integrantes del sistema interconectado nacional dentro de una misma área o áreas adyacentes, determinadas por la comisión de regulación de energía y gas.

**Sistema híbrido:** Sistema de transformación de energía basado en la operación de unidades que utilizan dos o más fuentes distintas de energía, como por ejemplo los sistemas diesel-fotovoltaicos.

**Sistema Interconectado Nacional (SIN):** es el sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución, y las cargas eléctricas de los usuarios.

**Usuario regulado:** persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad están sujetas a tarifas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas.

**(ZNI):** Zonas No Interconectadas área geográfica en donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas IPSE. 2004 – 2008. Bogotá. Informe de Gestión, 5, pp 53-57 .

[2] Concejo Nacional de Política Económica y Social CONPES 3491. 2007. Bogotá.

[3] Departamento administrativo nacional de estadística DANE. Página consultada el 17 de octubre de 2010. En: [http://www.dane.gov.co/#twoj\\_fragment1-4](http://www.dane.gov.co/#twoj_fragment1-4).

[4] Egido, Miguel A. Guías de Normas y protocolos técnicos para la electrificación rural con energías renovable. Consultada El 2 de Noviembre de 2010 En: [http://www.elecsolrural.org/elecsol/documentos/pdf/Guia\\_normas\\_protocolos.pdf](http://www.elecsolrural.org/elecsol/documentos/pdf/Guia_normas_protocolos.pdf)

[5] Casado Octavio. (2009). Grupos Electrógenos y centrales eléctricas de generación distribuida, Venezuela. ISBN: 978-980-12-3869-0.

[6] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE. (2011) Universidad nacional de Colombia. Ministerio Minas y energía, Centro de información tecnología con énfasis en combustible líquidos y gaseosos.

[7] QUINTERO, Camilo, Energías Renovables: Descripción, Tecnología y sus Usos Finales. En: Unidad de Planeación Minero Energético, Bogotá D.C., pp 8-9

[8] Guías de Normas y protocolos técnicos para la electrificación rural con energías renovable. Miguel A. Egido, María Camino. Publicado y financiado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

[9] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE. (2011) Universidad nacional de Colombia. Ministerio Minas y energía, Centro de información tecnología con énfasis en combustible líquidos y gaseosos.

[10] Ministerio de Planificación División de Planificación, Estudios e Inversión-CHILE, Metodología de formulación y evaluación de proyectos de electrificación rural.

[11] Casado Octavio. (2009). Grupos Electrógenos y centrales eléctricas de generación distribuida, Venezuela. ISBN: 978-980-12-3869-0, pp 260-285

[12] Centro de Innovación Tecnológica con Énfasis en Energía Hidráulica. (2011). Hidráulica. Medellín. Universidad Nacional de Colombia, pp 25-35

[13] Mora Navarro, Diego y Hurtado Liévano, Jorge. Guía para estudios de prefactibilidad como parte de sistemas híbridos. Bogotá. 2004, Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Civil, 185p.

[14] BIRD Antioquia. (2011). Potencial Hidroeléctrico de Antioquia Inventario, perspectivas y estrategias. Medellín. ISBN 978-958.

- [15] Consorcio Energético CORPOEMA. (2010). Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE). Bogotá. Ministerio de Minas y Energía Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.
- [16] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2006. Conceptos administrativos de Carácter normativo a considerar en la zona no interconectada. Bogotá
- [17] Ministerio de Minas y Energía Comisión de Regulación de Energía y Gas. 2012. Resolución CREG 091 de 2007. Bogotá.
- [18] Departamento Nacional de Planeación. (2011). Metodología General Ajustada – MGA. Bogotá. Departamento Nacional de Planeación.
- [19] Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas. Publicación Centro de innovación tecnológica con énfasis en energía solar, primera Ed, Medellín, Colombia, 2011. Pp 99- 117
- [20] INVEMAR, CRC, CORPNARIÑO, IIAP. 2007. Formulación del plan de manejo integrado de la zona costera del complejo de los bocanás Guapi Iscuandé, Pacífico colombiano. Fase I Caracterización y Diagnóstico. Editado por: P.Sierra y A.Lopez. Santa Marta, INVEMAR, 575 páginas. (Destupirán, José María. Plan de Desarrollo Municipal, Santa Bárbara –Iscuandé, 2.004 – 2.007)
- [21] WALSH, Michael y AHUJA, Hira. Ingeniería de Costos y Administración de Proyectos. México: Alfa Omega, 1989, pp 84-85.
- [22] MOKATE, Marie. Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. 2 ed. Bogotá D.C.: Alfa Omega, 2004. 32 p.
- [23] RIVERA, Franco. Administración de Proyectos. México: Pearson Educación, 2010, pp 60-70.
- [24] LLEDÓ, Pablo. y RIVAROLA, Gustavo, Gestión de Proyectos. Buenos Aires 2007, 13 p
- [25] ARBOLEDA, German. Proyectos Formulación Evaluación y Control, Cali 1998, pp 26-38.