



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**“INSERCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES
RENOVABLES PARA UNA CELDA DE TELEFONÍA CELULAR
EN TEGUCIGALPA”**

SUSTENTADO POR:

**ROBERTO ALFONSO ZAPATA QUIRÓZ
JORGE ARMANDO TEJEDA HERNÁNDEZ**

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

TEGUCIGALPA, MDC, HONDURAS, C.A.

JULIO 2016

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO AUTORIDADES
UNIVERSITARIAS**

RECTOR

LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO

SECRETARIO GENERAL

JOSÉ LÉSTER LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

MARLON BREVÉ REYES

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

JOSE ARNOLDO SERMEÑO LIMA

**“INSERCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES
RENOVABLES PARA UNA CELDA DE TELEFONÍA
CELULAR EN TEGUCIGALPA”**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS
RENOVABLES**

ASESOR METODOLÓGICO

WENDY CHÁVEZ MEDINA

ASESOR TEMÁTICO

**ROLANDO ALBERTO CASTILLO
GARCIA**

MIEMBROS DE LA TERNA

JORGE CENTENO

MARIO ZELAYA

JAVIER SALGADO



FACULTAD DE POSTGRADO

INSERCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES RENOVABLES PARA UNA CELDA DE TELEFONÍA CELULAR EN TEGUCIGALPA

ROBERTO ALFONSO ZAPATA QUIRÓZ
JORGE ARMANDO TEJEDA HERNÁNDEZ

RESUMEN

El contenido de este documento representa un estudio técnico y financiero para insertar un componente renovable en la matriz de consumo energético de una celda de telefonía celular ubicada en la ciudad de Tegucigalpa, el estudio toma como punto de partida el perfil de consumo del sitio, el cual se obtuvo mediante un resumen histórico, se realizó además un levantamiento en sitio con equipo especializado de medición para conocer el perfil de la potencia demandada durante una semana con la que se determinó que la potencia instalada adecuada para este sitio en específico, debería estar por debajo de los 5 kW, esto teniendo en mente que se desea inyectar el mínimo posible de energía a la red comercial; una vez determinada la potencia, se hizo un análisis del potencial eólico y solar en la zona, utilizando bases de datos obtenidas por estaciones meteorológicas cercanas a la zona, para finalmente determinar la mezcla adecuada de generación solar-eólica que podría satisfacer al menos un 15% de la energía demandada, se hicieron consideraciones de la tarifa por consumo de energía eléctrica, luego todas estas variables fueron parte de un análisis financiero que permitió encontrar una Tasa Interna de Retorno, y un periodo de repago para la inversión.

Palabras claves: Estudio técnico y financiero, Potencia instalada, Solar-eólico, Tasa interna de retorno



FACULTAD DE POSTGRADO

**INCLUSION OF ELECTRIC ENERGY THROUGH RENEWABLE SOURCES FOR A
CELL OF CELULAR TELEPHONY IN TEGUCIGALPA**

**ROBERTO ALFONSO ZAPATA QUIROZ
JORGE ARMANDO TEJEDA HERNANDEZ**

ABSTRACT

The content of this document represents a technical and financial study to insert a renewable component in the matrix of the energy consumption of one cellular telephone site located in the city of Tegucigalpa, the study takes as start point the consumption profile of the site, which was obtained by a historical summary, there was also an uprising in site with specialized equipment of measurement to know the profile of the power demanded during a week with which determined that the installed power suitable for this site in specific, should be below 5 kW , this keeping in mind to inject the minimum possible energy to the commercial network; once determined the power, an analysis was made of the solar wind potential and in the area, using the databases obtained by meteorological stations close to the area, to finally determine the appropriate mix of generation from solar-wind that could satisfy at least 15% of energy demanded , considerations were made of the tariff for consumption of electrical energy, then all these variables were part of a financial analysis that allowed to find an internal rate of Return , and a period of repayment for the investment.

Key words: Internal rate of return, Installed power capacity, Mix solar-wind, Technical and financial study

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por darme el don de la vida y la oportunidad de poder adquirir el conocimiento necesario para alcanzar el objetivo propuesto, a mi Esposa y mis hijos, perdón por haber tomado de tiempo que era de ustedes para realizar mis estudios, los amo con todo mi corazón y cada cosa que hago siempre están en mi pensamiento, a una persona muy especial que no conozco su nombre pero que colaboro económicamente y de forma anónima con mis estudios de pregrado, mil gracias por desprenderse de un valor monetario que fue muy significativo para mi Dios multiplique las bendiciones en su vida

Roberto Alfonso Zapata Quiróz

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi esposa, incondicional en cada momento de mi carrera por la obtención de este anhelado éxito profesional, por su compañía y apoyo en cada instante.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

Jorge Armando Tejeda Hernández

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haber depositado su confianza en mí, ambos son responsables no solo de mi formación académica, si no de mi formación moral y espiritual, son mi ejemplo a seguir y ruego a Dios no defraudarles en lo que me reste de vida

A mi asesora metodológica, gracias Dra. Wendy Chávez por su paciencia, por llevarnos de la mano hasta alcanzar este objetivo, por comprender nuestras debilidades y tomar tiempo para reforzarlas

A mi asesor Temático, Ing. Rolando Castillo, a pesar de ser una persona muy ocupada, sé que tomo de su tiempo para contestar mis inquietudes

A cada uno de mis maestros a lo largo de la maestría, gracias por compartir su conocimiento con nosotros y despojarse del celo profesional vaciando tan grande cumulo de conocimientos

Roberto Alfonso Zapata Quiróz

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	4
1.3.1 ÁRBOL DEL PROBLEMA.....	4
1.3.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	5
1.3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 MAPA CONCEPTUAL.....	9
2.1.1 MAPA CONCEPTUAL.....	10
2.1.2 MACRO ENTORNO.....	11
2.1.3 MICRO ENTORNO	11
2.2 FUNDAMENTOS.....	13
2.2.1 CONTEXTO DEL SECTOR ENERGÉTICO DE HONDURAS.....	13
2.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES	14
2.2.3 ENERGÍA EÓLICA.....	15
2.2.3.1 AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL.....	16
2.2.3.2 AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL.....	16
2.2.3.3 CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO EÓLICO	17
2.2.3.4 APLICACIONES DE LA GENERACIÓN EÓLICA A PEQUEÑA ESCALA.....	19
2.2.4 ENERGÍA SOLAR.....	20
2.2.4.1 DISTINTOS TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	23
2.2.4.2 CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SOLAR	24
2.2.6 TELEFONÍA MÓVIL	25
2.2.6.1 TELEFONÍA MÓVIL EN HONDURAS.....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1 MATRIZ DE CONGRUENCIA	28

3.1.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	29
3.1.2 HIPÓTESIS	30
3.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	31
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.4 DELIMITACIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.4.1 UBICACIÓN Y ESPACIO GEOGRÁFICO	33
3.4.2 UBICACIÓN TEMPORAL	34
3.4.3 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	34
3.5.1 MÉTODOS CUANTITATIVOS.....	35
3.5.2 ETAPAS METODOLÓGICAS	35
3.5.2.1 ETAPA 1 DIAGNOSTICO DE CONSUMO ENERGÉTICO CELDA DE TELEFONÍA.	35
3.5.2.2 ETAPA 2 ESTUDIO TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DEL RECURSO ENERGÉTICO	35
3.5.2.3 ETAPA 3 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOGENERACIÓN PARA EL CONSUMO DE CELDA DE TELEFONÍA	36
3.7 ESQUEMA DE PROPUESTA DE SOLUCIÓN	38
3.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	40
4.1 DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO O SERVICIO.....	41
4.2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL VIENTO: POTENCIAL EÓLICO	41
4.3 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA SOLAR POTENCIAL FOTOVOLTAICO.....	46
4.5 CALCULO DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA.....	51
4.5 CALCULO DE LAS VARIABLES FINANCIERAS.....	56
4.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE ESTUDIO.....	60
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1 CONCLUSIONES	61
5.2 RECOMENDACIONES	62
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	63
6.1 INTRODUCCIÓN.....	63
6.2 PROJECT CHARTER.....	64
6.3 DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL CLIENTE	67
6.4 DETALLE DE LA SOLUCIÓN.....	68
6.4.1 EQUIPAMIENTO:.....	70

6.4.2 ALCANCES DEL PROYECTO.....	74
6.4.3 ENTREGABLES.....	75
6.5 ANOTACIONES ESPECIALES	75
6.6 PRESUPUESTO	76
6.7 CRONOGRAMA.....	77
6.8 GESTIÓN DEL PLAN DE RIESGOS.....	78
6.8.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	78
6.8.2 FICHAS DE RIESGOS	79
6.8.3 ANÁLISIS DE RIESGOS	82
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Honduras: Evolución de los suscriptores de telefonía Móvil de CELTEL 1996 al 2005	26
Tabla 2 Matriz de Congruencia	28
Tabla 3 Alcance del estudio y variables	30
Tabla 4 Variables de la investigación	30
Tabla 5 Características Técnicas del sitio de estudio	34
Tabla 6 Características del sitio de estudio.....	41
Tabla 7 Cuadro de generación de Energía por tipo de sistema.....	52
Tabla 8 Cuadro de generación de Energía por tipo de sistema.....	53
Tabla 9 Cuadro resumen de escenarios de sensibilización e variables.....	60
Tabla 10 Distribución mensual de la energía generada	71
Tabla 11 Características generales del Aerogenerador	71
Tabla 12 Características generales de Paneles solares.....	73
Tabla 13 Características generales de Inversor Híbrido	74
Tabla 14 Presupuesto de Sistema Híbrido sitio Burrera	76
Tabla 15 Fichas de Riesgos	79
Tabla 16 Matriz de Identificación de Riesgos	82
Tabla 17 Matriz de Identificación de Riesgos	83
Tabla 18 Matriz de Identificación de Riesgos	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 (a) densidad de telefonía móvil en Honduras, (b) Crecimiento de abonados a telefonía móvil en honduras.....	9
Figura 2 Devolución de llamadas caídas	12
Figura 3 Mapa eólico elaborado por el proyecto SWERA.	19
Figura 4 Silicio Mono cristalino (a y b) y Poli cristalino (c y d).....	23
Figura 5 Mapa Radiación solar elaborado por el proyecto SWERA.....	25
Figura 6 Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio	33
Figura 7 Distribución de la frecuencia de viento para la Zona de estudio.....	42
Figura 8 Perfil de Viento	43
Figura 9 Rosa de viento	43
Figura 10 Mapa Topográfico Área de Interés para modelación de viento	44
Figura 11 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio	45
Figura 12 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio.	45
Figura 13 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio.	46
Figura 14 Mapa de radiación solar Latinoamérica.	47
Figura 15 Modelación de Sombras	47
Figura 16 Variación de la ventana solar por mes.....	48
Figura 17 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 6:20 am.....	48
Figura 18 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 7:20 am.....	49
Figura 19 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 8:20 am.....	49
Figura 20 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 8:20 am.....	50
Figura 21 Modelación de la característica de viento y potencia de aerogenerador	51
Figura 22 Distribución de la generación de los sistemas híbridos.....	53
Figura 23 Diagrama Unifilar de conexión	54
Figura 24 Distribución de la demanda en potencia de la celda	55
Figura 25 Consumo Histórico Sitio Burrera	55

Figura 26 Estado de Resultados modelo financiero Escenario Tendencial	56
Figura 27 Distribución de la generación para el cálculo de la energía mensual.....	57
Figura 28 Resultados de variables financieras Escenario Tendencial	57
Figura 29 Resultados de variables financieras Escenario Pesimista.....	58
Figura 30 Resultados de variables financieras Escenario Optimista	59
Figura 31 Gráfico de Potencia Activa.....	67
Figura 32 Esquema conceptual del grupo de generación híbrido eólico – solar	68
Figura 33 Vista sur del predio Burrera, instalación de paneles y generador eólico.	69
Figura 34 Imagen de Aerogenerador Tri Pala y Curva de potencia	72
Figura 35 Imagen de Panel solar Poli cristalino 300 w, Medición de ángulo de Losa para montaje de panes.....	73
Figura 36 Imagen de Inversor Solís 5k 2G US H.....	74
Figura 37 Identificación de Riesgos	78

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	18
Ecuación 2.....	21
Ecuación 3.....	21

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el hombre ha tratado de dominar los elementos de la naturaleza para poder adaptarlos a las necesidades y dificultades con las que se enfrenta día con día; uno de los temas que ha ocupado a la humanidad es la energía en sus diferentes formas; en algunas oportunidades estos intentos han sido de forma consciente y deliberada aunque en otra no, tal es el caso de la utilización de la energía que proviene del sol, el viento y el agua las cuales pueden ser aprovechadas en principio sin la utilización de ninguna tecnología intermedia

Hoy en día, la humanidad se enfrenta con una aguda crisis energética, por un lado, desde 1859 que se perforo el primer pozo de petróleo en Pensilvania, se ha venido utilizando este como la materia prima más predominante para producción de energía, sin considerar los efectos colaterales que esta práctica desencadena, llevando a la humanidad por un camino sin retorno a la destrucción debido al incremento de temperatura global y la contaminación de fuentes naturales que representan agentes protagónicos del ecosistema, por otro lado los costos se han incrementado en forma significativa en donde para algunos resulta ya impagable.

Como resultado de esta crisis ha sido necesario buscar nuevas fuentes de energía que no contribuyan a acelerar el calentamiento del planeta y que a su vez pueda tener costos accesibles para los consumidores.

En Honduras ha imperado una tendencia marcada al uso de combustibles fósil como fuente de generación de energía eléctrica lo que para un país netamente importador de este energético, constituye una gran vulnerabilidad para su economía, provocando la variación de precios y una baja calidad en el servicio, razón por la cual el gobierno se ha visto en la necesidad de aplicar subsidios a la factura provocando un desbalance financiero en la entidad estatal (ENEE) quien compra energía a precios altos y la entrega al consumidor final, en algunos casos, a un precio inferior o igual al precio de compra; no fue sino hasta el año 2007 cuando se crea la Ley de promoción a la Generación de energía Eléctrica con Recursos Renovables mediante decreto 70-2007 del 02 de octubre del mismo año, la que consolida los incentivos establecidos en el decreto 80-98 (Primera ley de incentivos a la generación con fuentes renovables) (La Gaceta, 2007)

A finales del año 2014 se crea mediante decreto legislativo la LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA con el fin de regularizar el subsector eléctrico nacional, lo cual entre otras cosas significa que los consumidores tendrán que pagar el costo real de la energía que visto en términos simples, es un incremento inminente a las tarifas.

El presente documento consiste en un estudio técnico y financiero en donde se evalúa la condición actual en una celdas seleccionada de forma deliberada de un operador de telefonía celular, se analizarán las potenciales formas de generación, teniendo que escoger entre solar, eólica un híbrido entre ambas o ninguna, se determinara la razón ideal de energía alternativa que se debe instalar para reducción del consumo sin que esto constituya peligro para la operatividad; finalmente se desarrollan modelos financieros para determinar el posible ahorro de acuerdo a la cantidad de energía alternativa instalada.

1.2 ANTECEDENTES

El desarrollo de Honduras tiene su cimentación en el de uso de los combustibles fósiles para el transporte y la electricidad, y esto va en aumento. El precio de esto se traduce en un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, el decremento de la calidad de aire agua, así como el costo social de las acciones de lo que llamamos desarrollo.

La alta variabilidad en el precio del combustible fósil como medio de generación vuelve volátil los cargos por energía eléctrica en todo el sector productivo y comercial, y específicamente en las celdas de telefonía celular, esto repercute en los costos operativos variables, dependiendo de un mercado externo en el cual nuestro país no tiene control el crecimiento acelerado de las energías renovables en Honduras, como una fuente viable para la generación eléctrica, han despertado el interés de las áreas de la comunicación para la aplicación de energías renovables como fuentes sustentables en áreas rurales y alejadas a ale red.

Es de notar los últimos esfuerzos realizados por las políticas y leyes para crear un marco necesario para el incentivo de las implementaciones de las energías renovables dentro de nuestro país, uno de los mejores ejemplos es la Ley 70-2007, que impulsa los desarrollos por medio de fuentes de energía renovable. Esto como fue expuesto ayuda al incentivo de grandes iniciativas energéticas, y facilita espacios legales para la aplicación de sistemas de autoconsumo para soluciones en diferentes áreas de aplicación y una de ellas las comunicaciones celulares. Podemos

estimar que más de 8 millones de aparatos telefónicos celulares funcionan como puntos de acceso en las redes de telefonía actual en honduras, cifras que dan la noción de la demanda y la operación de las telefonías a nivel nacional como fuente de comunicación, he ahí la importancia de ver nuevas soluciones viables desde la parte social, ambiental y económicas para esta fuente de ingreso y desarrollo a nivel nacional.

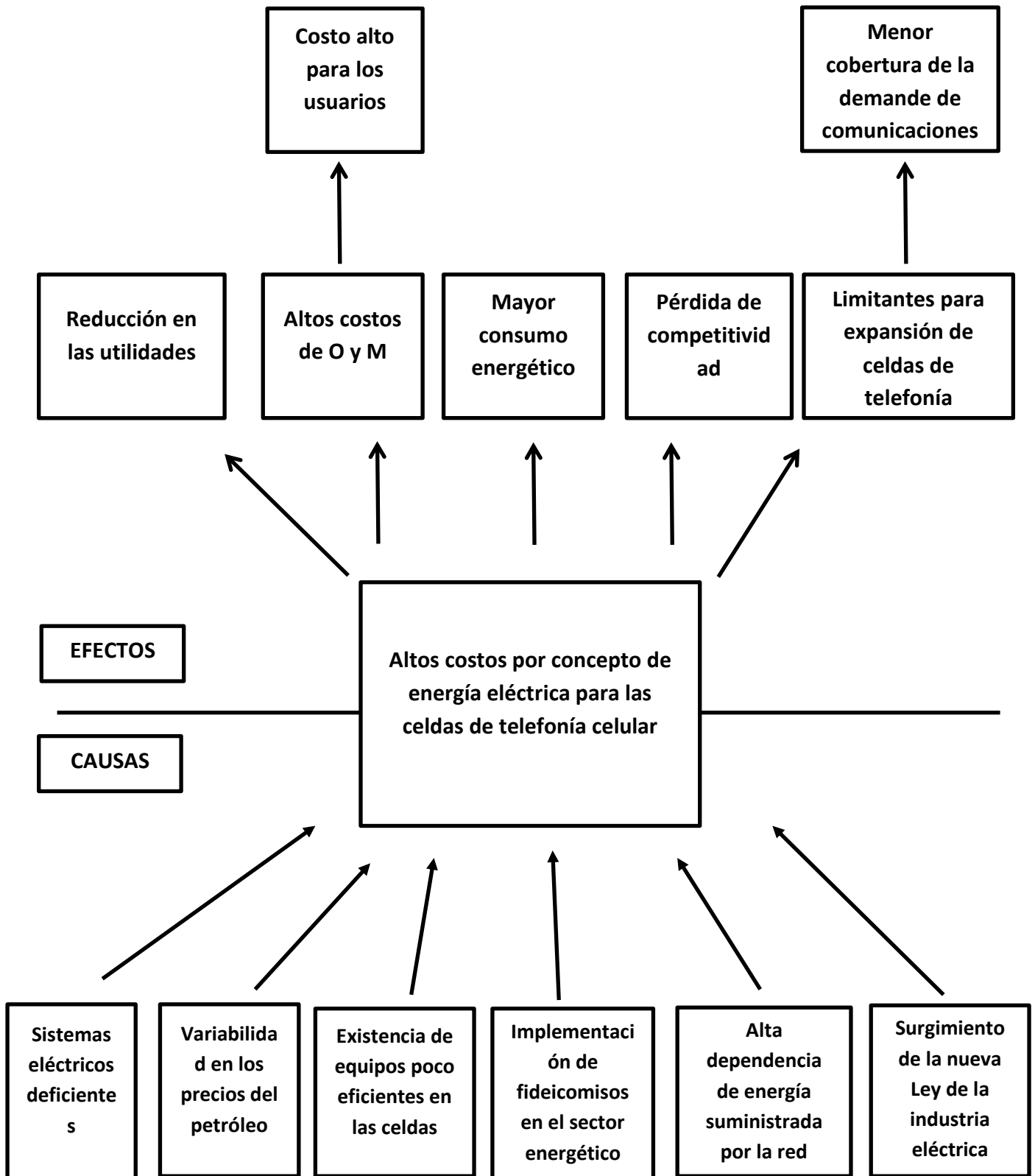
La Ley General de la Industria Eléctrica afirma que “Las empresas distribuidoras estarán obligadas a comprar el exceso de energía proveniente de fuentes de energía renovable que generen los usuarios residenciales y comerciales, y que inyecten de retorno a la red, acreditándoles los valores correspondientes en la factura mensual” (La Gaceta, 2014, pág. 14).este fragmento de la ley constituye el fundamento para la generación de auto consumo, sea que se tenga que inyectar el excedente o no.

Es de gran importancia considerar la relación del desarrollo con el acceso de las comunidades a la energía, pero otra de las variables más que ofrecen una oportunidad de desarrollo es la posibilidad de la comunicación en tiempo real, la evolución de las comunicaciones es uno de los avances de la tecnología que más rápido ha tenido un desarrollo casi podríamos decir de manera exponencial, por lo que el accesos a la comunicaciones es una de las acciones fundamentales del desarrollo en los países como el nuestro.

Los impactos en los países en vías de desarrollo con las comunicaciones son una fuente de riqueza en las diferentes áreas que mejoran la calidad de vida de los seres humanos, áreas como la educación, salud y construcción son una de las afectadas por la comunicación. Actualmente la energía es tan fundamental para las comunicaciones como las comunicaciones para la energía, es una relación necesaria para la creación de espacios de desarrollo para las comunidades.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

1.3.1 ÁRBOL DEL PROBLEMA



1.3.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El desarrollo de las energías renovables en Honduras ha tenido una penetración importante en los últimos años, las acciones políticas e incentivos fiscales actuales, hacen de los emprendimientos de energía renovable cada vez más comunes. El cambio climático, la emisión de los gases de efecto invernadero, así como la presión sobre los recursos; adicional al crecimiento urbano no controlado, crean la necesidad de nuevas fuentes renovables dentro de la matriz energética nacional.

El desarrollo de la energía eólica y solar ha sido una de las fuentes más utilizadas, especialmente en la zona cercana al ecuador. Honduras por su ubicación cuenta con un promedio de radiación solar diaria de 4.5 kW/m², esto ha facilitado la adopción de tecnología de generación solar en las áreas del país más alejadas y que se encuentran sin conexión a la red de distribución nacional. Cada día es más la necesidad de realizar proyectos que brinden energía limpia a las áreas postergadas del país con el fin impulsar el desarrollo de una forma sostenible y sustentable

Una de las fuentes alternativas viables en el último periodo es la energía eólica, la proliferación de parques eólicos de gran tamaño como por ejemplo el que está ubicado en Cerro de Hule han brindado posibilidades de diversificación de la matriz energética nacional con fuentes de energía renovables, es claro que hay desafíos del aprovechamiento de cada una de estas fuentes, considerando que son energías poco constantes o con una gran variabilidad, lo que no permite una migración completa de otras fuentes de energía más estables como el petróleo, gas y bunker, a estos podemos añadir la fuentes de energía hidroeléctrica uno de los recursos más ricos dentro de nuestra nación.

Al analizar la necesidad de las comunicaciones y como estas, están ligadas a la energía y las funciones en nuestro país surge la necesidad de establecer acciones que puedan encaminar a las nuevas fuentes de energía para sistemas de comunicaciones vía celular, es decir brindar nuevas fuentes de energías limpias con conexión a la red, como fuentes efectivas y viables para mantener el crecimiento necesario del desarrollo de las comunicaciones. La tendencia en estas áreas nos brinda una posibilidad de poder realizar análisis que ayuden a la implementación de nuevas energías en esta área.

La principal fuente de comunicación en Honduras es la tecnología celular, para esto los puntos estratégicos para la cobertura necesaria de las empresas de telefonía tiene características similares para muchos de los sitios como ser: áreas geográficas alejadas, instalación de equipo en puntos geográficos altos, ubicación en poblados lejanos, difícil acceso de materiales para su construcción e imposibilidad de conexión a la red eléctrica nacional.

Por otro lado en este momento Honduras se encuentra en un periodo de transición en cuanto al tema energético, estamos en el proceso de migración de un mercado vertical, monopolizado a un mercado de oportunidades, si consideramos que durante años y hasta décadas se ha venido teniendo un valor de venta al consumidor por debajo del de compra al generador, por simple razonamiento lógico, podemos esperar incrementos considerables a las tarifas de energía, tenemos redes muy obsoletas que necesitan ser repotenciadas, esto supone fuertes inversiones por parte del sector eléctrico el que se verá reflejado en el costo del kilovatio hora al consumidor final

1.3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la reducción en el consumo de energía proveniente de la red pública, al insertar generación renovable en la matriz de consumo de una celda de telefonía celular conectada a red del suministro eléctrico, ubicado en la ciudad de Tegucigalpa?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio técnico y financiero para la inserción de energía renovable en una celda de telefonía celular en el distrito central.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer un análisis del potencial energético para cada uno de los sitios de estudio.
- Determinar el perfil de carga de una celda de telefonía celular en Tegucigalpa
- Determinar el sistema híbrido de autogeneración basados en el perfil de carga de la celda y el potencial energético de la zona

- Realizar un estudio financiero para verificar la factibilidad económica de las propuestas.
- Evaluar los riesgos al implementar un sistema de generación para autoconsumo en una celda de telefonía celular.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda, las políticas de desarrollo, las presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales para un desarrollo sostenible, obligan a la innovación de fuentes alternativas de energía y la aplicación de buenas prácticas en el tema de eficiencia energética. Esto pasa en todos los sectores de la industria en el mercado hondureño, uno de estos sectores que necesita cambios evolutivos en el sector de suministro energético es las telecomunicaciones.

Hemos descrito la demanda creciente en los últimos años de las comunicaciones celulares y como la red de comunicaciones está asociada al desarrollo, se vuelve una necesidad mundial como ejemplo en la cumbre de las naciones unidas sobre el desarrollo sostenible en septiembre del 2015, establecen los 17 puntos de un desarrollo sostenible de los cuales esta investigación aportaría interesantes alternativas en;

- Energía accesible y sostenible
- Industria innovación,
- Consumo responsable y producción
- Acción Climática

Relevancia: La demanda de la Energía en el ámbito de las telecomunicaciones, la creciente demanda de la sociedad hondureña por medios de comunicación eficientes y confiables, el crecimiento de las tecnologías y las exigencia sobre los recursos para la generación de energías renovables son fundamentales para un desarrollo sostenible y amigable con el ambiente, creando beneficios y reducción de costos para la aplicación de nuevas tendencias en desarrollos energéticos como ser la energía eólica y la solar, como fuentes eficientes para el consumo.

Conveniencia: El estudio facilitara propuesta que pueda servir de apoyo técnico a los empresarios de la telefonía celular de Honduras, para la implementación de acciones de reducción de costos, facilitando las implementaciones de estas nuevas fuentes de energía para solventar el consumo de las celdas de telefonía celular.

Viabilidad: La aplicación de esta investigación y factibilidad contara con toda la información relevante para el sustento técnico de las propuestas y el análisis financiero, como una fuente para toma de decisiones a los empresarios de la tecnología celular a nivel nacional.

Aplicabilidad: Este anteproyecto podrá ser aplicable para servir de insumo técnico, análisis y propuestas para la implementación a nivel nacional de las celdas de telefonía como una generación de fuentes alternativas para la autogeneración.

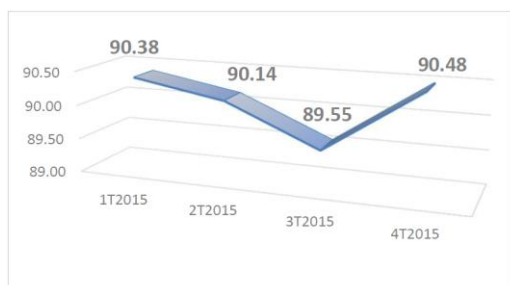
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MAPA CONCEPTUAL

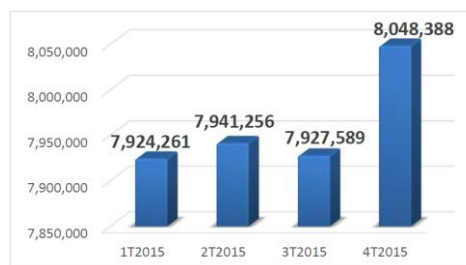
Con la aparición de cada nueva generación de telefonía móvil, se ha hecho más imperante la necesidad de que los equipos tengan un menor consumo de energía sin que esto represente una disminución en el desempeño, esto cobra mayor relevancia en el momento en que la Celda se encuentra operando en modo batería o Generador, pues en estos casos el respaldo de energía con que se cuenta es finito, es decir, el tiempo que la celda permanecerá energizada, estará directamente en proporción al tamaño del banco de baterías o a la capacidad de almacenamiento de combustible antes que el personal de mantenimiento pueda desplazarse hasta el lugar; debido a que las nuevas tecnologías ofrecen mayor capacidad de transferencia de datos y voz, la cantidad de energía demandada podría verse incrementada, lo que reduce el tiempo de servicio para una capacidad de respaldo dada.

Si consideramos que la mayoría de las estaciones de telefonía móvil se localizan en lugares altos, libres de obstáculos y en donde usual mente existen corrientes de viento con potencial para generación de energía, resulta muy atractiva la instalación de dispositivos de generación foto voltaica o eólica como un aporte al hibrido energético considerando que el potencial del viento se incrementa en proporción directa con la altura (González, 2009).

La telefonía móvil a nivel mundial, ha experimentado un crecimiento significativo, y en Honduras ya se cuenta con más de 8 millones de abonados este servicio (CONATEL, 2016) Ver figura 1



(a)

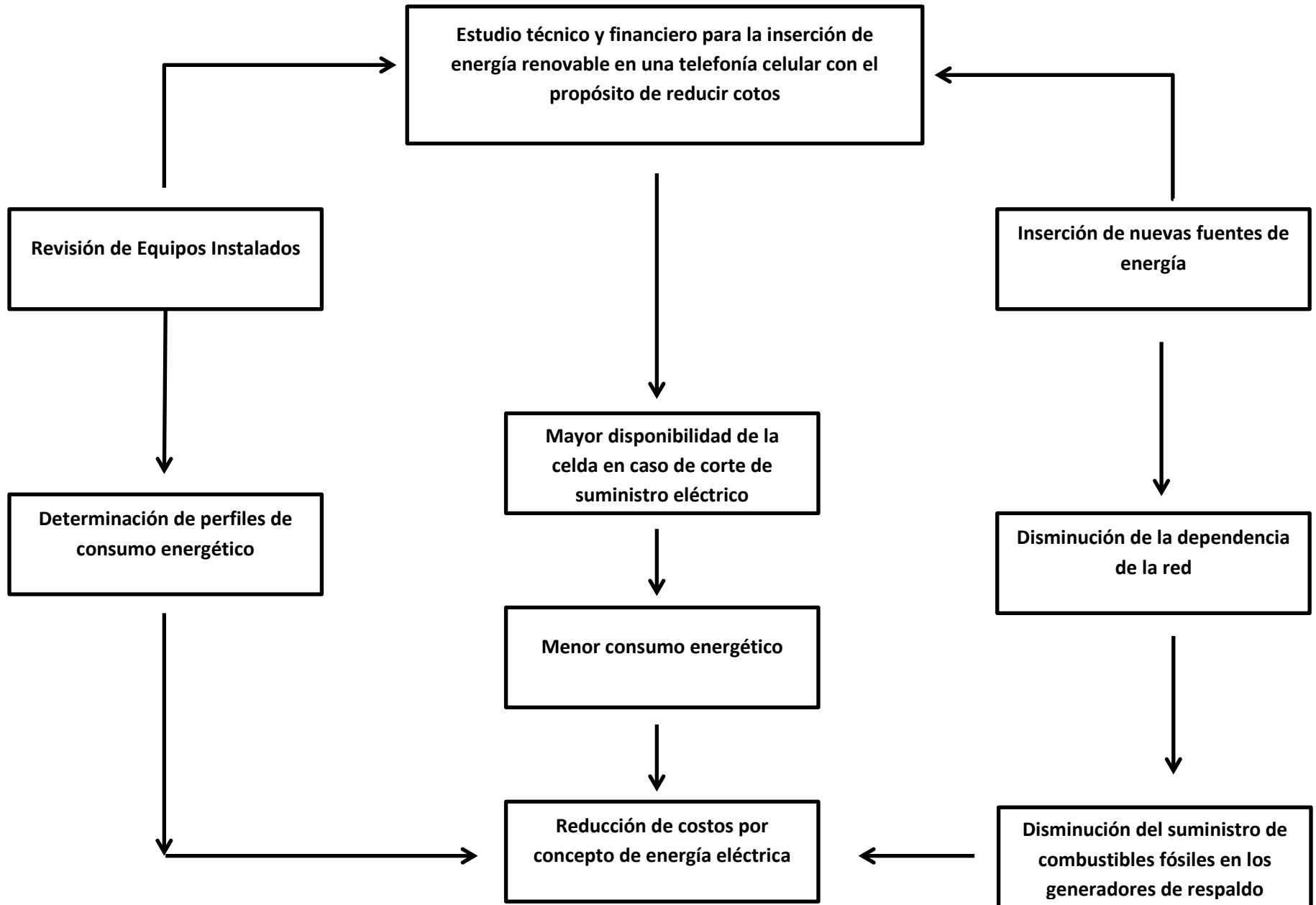


(b)

Figura 1 (a) densidad de telefonía móvil en Honduras, (b) Crecimiento de abonados a telefonía móvil en honduras

Fuente: Desempeño del sector telecomunicaciones en Honduras, último trimestre 2015

2.1.1 MAPA CONCEPTUAL



2.1.2 MACRO ENTORNO

A nivel mundial el tema de eficiencia energética ha cobrado un fuerte significado, considerando los altos costos de la energía eléctrica, los efectos colaterales como el calentamiento global por el uso indiscriminado y deficiente de la energía y finalmente las pérdidas que representa para la telefonía móvil, el minuto aire que no se pudo entregar por falta de energía eléctrica, este último factor es sumamente elevado debido a que existe toda la infraestructura además de las condiciones de demanda y oferta pero es imposible que el proceso se complete

Los nuevos equipos nos ofrecen acceso ininterrumpido a servicios y aplicaciones como voz y datos, servicio de mensajería (MMS), video, contenido HDTV y herramientas multimedia como What's up, Facebook, Twitter, entre otros; se estima que para 2017, habrán 7 mil millones de personas utilizando los servicios inalámbricos a través de dispositivos móviles de los cuales entre el 80% y 90 % funcionarán con una red de datos de alta velocidad (Odete Espino and Héctor Poveda, 2015)

Si bien es cierto que la Eficiencia de los equipos y la tecnología utilizada constituye la variable más significativa en la reducción de costos operativos de la telefonía móvil, también la inserción de nuevas fuentes de energía que utilicen tecnologías renovables podrían representar un factor determinante, si consideramos que el 2% de GEI son provocados por la industria de las telecomunicaciones.

Existen esfuerzos realizados a nivel internacional para lograr integrar diferentes tecnologías que contribuyan con el suministro energético de celdas de telefonía celular, podemos mencionar el caso de La Asociación GSM (GSMA) que inició en septiembre de 2008 un programa llamado Green Power for Mobile (Energía verde para los móviles), a fin de fomentar la utilización de fuentes de energía renovable por parte de la industria de telefonía móvil.

2.1.3 MICRO ENTORNO

En Honduras, CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones), fundada en el año de 1995, mediante decreto 185/95, a través de la Ley Marco del sector y su reglamento general, es el organismo desconcentrado que ejecuta, mediante la regulación y coordinación, la política de telecomunicaciones.

Atraves de este organismo se han emitido la resolución NR003/15, referente a las llamadas caídas que en su artículo primero reza textual mente

Establecer que, en virtud del marco jurídico vigente, los usuarios y suscriptores de los servicios de telefonía móvil (telefonía móvil celular y servicios de comunicaciones personales), tiene derecho a ser compensado de manera automática por aquellos eventos de llamadas caídas causadas por deficiencias en las redes de telefonía móvil en la prestación de servicios de voz (La Gaceta, 1995, pág. 13)

Hasta la fecha se han acreditado a los usuarios alrededor de 400 millones de lempiras distribuidas de la siguiente forma:

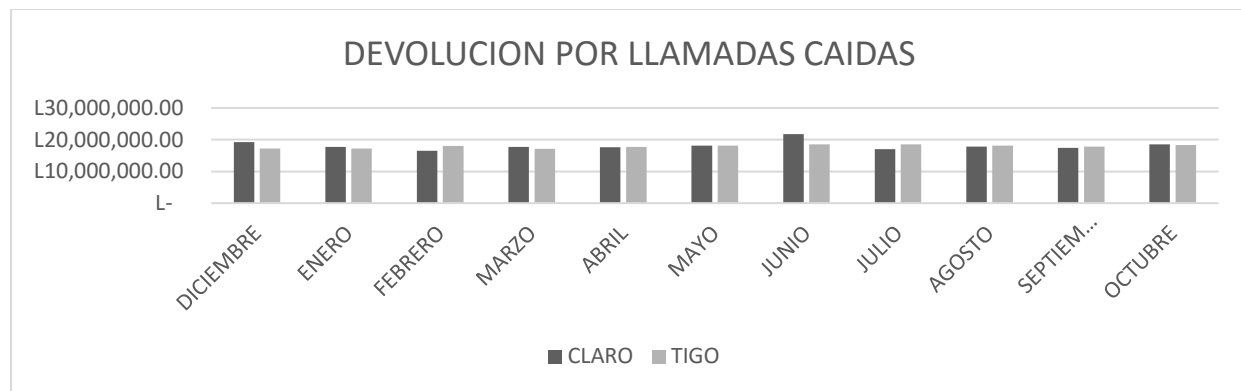


Figura 2 Devolución de llamadas caídas

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de la página oficial de CONATEL

Otro punto a considerar en el entorno local es la disposición por parte de CONATEL en la instalación de bloqueadores de señal para la totalidad de centros penales del país, a través del reglamento técnico de la ley de limitación de servicios de telecomunicaciones en centros penitenciarios, granjas penales y centro de internamiento de niñas y niños a nivel nacional, (, en el Diario Oficial La Gaceta, donde se establecen multas que pueden alcanzar los 20 millones de lempiras en caso de incumplimiento (La Gaceta, 1995, p. 66)

Actualmente ninguna de las empresas que operan la telefonía móvil en el país tiene instalados sistemas de generación con energía renovable con propósitos de ahorro o ecológicos, solamente han instalado algunas celdas solares en lugares en donde la energía de la red comercial no tiene puntos de conexión, no estimando el potencial eólico que existe en la mayoría de sitios pues sus

torres tienen alturas que pueden oscilar entre los 15 y los 60 metros , siendo esta última muy acertada para poder tener flujos de aire adecuados para la generación.

2.2 FUNDAMENTOS

El presente capítulo prescribe los aspectos técnicos y fundamentos teóricos de las energías renovables Eólica, Solar, la aplicación de estas fuentes en el área de las telecomunicaciones celulares, se establecen las características que son relevantes para la presente investigación.

2.2.1 CONTEXTO DEL SECTOR ENERGÉTICO DE HONDURAS

El impulso de las energías renovables en Honduras se ha visto fortalecido en los últimos años, en la cual las energías Hidroeléctrica de pequeña escala tiene uno de los mayores repuntes en los últimos registros, los despliegues de las nuevas capacidades de energía con fuentes renovables se han marcado alguno de los éxitos en el sector energético

La estructura institucional del sector energético del país, es vinculado directamente a la empresa nacional de energía eléctrica (ENEE), en términos prácticos como un solo comprador dentro del sistema y domina completamente el sector de energía. En los últimos años se han dado reformas al sector que abre la participación del sector privado en el área de la generación, alcanzando por lo menos un 70% de la energía producida en el país en el 2008, la ley de incentivos al ala generación con recursos Renovables, por el decreto 70 – 2007 que hasta la fecha rige el sistema de incentivos para emprendimiento de proyectos energéticos. (Ossenbach Sauter, Guillén Grillo, & Coto Chinchilla, 2010)

Otro de los temas fundamentales, es el área de la distribución y transmisión en la que participa únicamente la ENEE, que opera una red de 1880 KM de línea de transmisión, y un sistema de transmisión a menores de 34.5 KV, este tipo de sistema cuneta con pérdidas muy altas en el sector de trasmisión y distribución, estas se estiman superiores a los 20%, en las cuales se estima pérdidas técnicas al redero del 10%. (Ossenbach Sauter, Guillén Grillo, & Coto Chinchilla, 2010)

Según Flores Castro (2014) analiza la matriz energética y la evolución de los cambios que se han dado en Honduras en los últimos 7 años, esta estima la evolución del consumo final de la energía para el año 2011 se cuenta con un porcentaje de 10.7 % en electricidad contra un 43.19 % de leña datos de la Dirección General de Energía de Honduras. Uno de los aspectos más interesantes

es la proyección mostrada para el año 2030 del consumo con los escenarios tendenciales se ve un incremento potencial en las fuentes de energía biomasa como las leña. Establece el potencial de fuentes renovables de 5,450.53 MW de los cuales el 23.71 % para el recurso eólico, y el 21% para fuentes solares, este análisis fue realizado de un inventario de 319 proyectos de energía de fuentes renovables. (Flores Castro, 2014)

2.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son una fuente que podrá tener una importante demanda en el panorama mundial de energía, los sistemas energéticos, junto con equipos auxiliares y almacenamiento de respuesta rápida, pueden absorber crecientes cantidades de generación intermitentes, los avances en las técnicas ofrecen las posibilidades permitirán la reducción de los costos de las energías, volviéndolas accesibles al mercado nacional.

El banco mundial ha estimado que los países en desarrollo gastan el 12% de sus ingresos en energía, sin embargo, más de 1,600 millones de personas en los países en desarrollo todavía no gozan de servicios modernos de energía. (F. Coviello, 2003)

Podemos ver la importancia y relevancia de la penetración de las energías renovables dentro de las proyecciones de desarrollo sostenible para las naciones en vías de desarrollo.

Las energías renovables es la energía proveniente de fuentes renovables como ser: biomasa, Hídrica, Solar, Eólica, para el fin de nuestra investigación ondearemos en más detalles en las fuentes de energía eólica y solar.

2.2.3 ENERGÍA EÓLICA

La energía que se puede extraer del viento es la energía cinética contenida en las corrientes de aire. Cuando el viento pasa a través de un aerogenerador, sufre una disminución de su velocidad, por este hecho se roba la energía cinética y es transformada en energía mecánica en el eje del aerogenerador. Para obtener toda la energía cinética, habría que parar completamente el viento detrás del rotor, por lo que esto dejaría de pasar a través del mismo.

Es importante determinar la cantidad máxima de energía que se puede extraer de la energía cinética del viento, el máximo que se puede ser aprovechado es un valor cercano a 60%, límite que se conocemos "Límite de Betz" en recuerdo del investigador alemán A. Betz, que estudió en 1927 el comportamiento de una corriente de aire en aerogenerador.

Una característica a tomar en cuenta es el denominado coeficiente de potencia, es la relación entre la potencia suministrada por la Aero turbina en el eje de giro, respecto a la potencia contenida en el viento incidente en el rotor de la misma. El coeficiente de potencia es una medida del rendimiento de la máquina y está limitada por el máximo del coeficiente de potencia no puede superar el límite de Betz. (Observatorio de Energía Renovable Para América Latina y El Caribe , 2010)

Los términos ligados a la generación de energía por medio de fuente eólica son:

Velocidad de conexión o de arranque, valor de la velocidad media del viento para que el aerogenerador comience a generar energía eléctrica.

Velocidad nominal. Velocidad media del viento al que la turbina eólica rinde su potencia nominal.

Velocidad de corte o desconexión. Valor de la velocidad del viento para que el sistema de control de una turbina eólica realiza su desconexión, a partir de esta velocidad del viento el aerogenerador permanece parado y en protección contra vientos fuertes.

Nuestro estudio se centrará en el análisis de la posibilidad de implementación en torres de telefonía celular las turbinas con dos diferentes tipos de aerogeneradores:

- Aero turbinas de eje vertical

- Aero turbina de eje Horizontal.

2.2.3.1 AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL

Una de las características de las generados de eje horizontal es girar sus palas en un plano perpendicular a la dirección del viento incidente. La velocidad de giro de las turbinas de eje horizontal sigue una relación inversa al número de sus palas. Así, las turbinas de eje horizontal se clasifican en rotor multi pala o are turbinas lentas y rotor tipo hélice o Aero turbinas rápidas.

Los rotores multi pala están dentro de un rango de 6 a 24 y por lo tanto una solidez elevada. Presentan grandes pares de arranque y una baja velocidad de giro. Estas características hacen que la aplicación fundamental de estas turbinas hayan sido tradicionalmente el bombeo de agua, no son utilizados en la generación de energía.

Los rotores tipo hélice giran a una velocidad mayor que los rotores multi pala. Las velocidades lineales en la punta de pala de estas máquinas varían en un margen de 6 a 10 veces la velocidad del viento. Esta propiedad hace que las Aero turbinas rápidas sean muy apropiadas para la generación de energía eléctrica, los rotores tipo hélice presentan un par de arranque reducido que la mayoría de las aplicaciones, es suficiente para hacer girar el rotor durante el proceso de conexión.

2.2.3.2 AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL

Dentro de las Aero turbinas de eje vertical, se pueden encontrar tres tipos de tecnologías: Savonius, Darrieus y Giromill.

Las turbinas con rotores de eje vertical tienen la ventaja fundamental de que no precisan ningún sistema de orientación activo para captar la energía del viento. Presentan la ventaja añadida, con respecto a las turbinas de eje horizontal, de disponer del tren de potencia y el sistema de generación eléctrica a nivel del suelo, lo que facilita enormemente las labores de mantenimiento. Como principales inconvenientes se encuentran la dificultad de realizar la regulación de potencia ante vientos altos en este tipo de turbinas, la fluctuación del par motor en el giro de la Aero turbina, así como el menor rendimiento del sistema de captación respecto a las Aero turbinas de eje horizontal. Estos inconvenientes habían llevado a la práctica extinción de los modelos de eje vertical. Pero en los últimos años esta familia de aerogeneradores ha experimentado una resurrección debido a su posible utilización en entorno urbano, por sus teóricas mejores

prestaciones para ser integrados en edificios: producir menor nivel sonoro, menor impacto visual, mejor comportamiento ante flujo turbulento. Son varios los fabricantes que, ante las buenas perspectivas en este campo, se han lanzado al diseño y fabricación de nuevos modelos, algunos de ellos ya disponibles a nivel comercial. (Observatorio de Energia Renovable Para America Latina y El Caribe , 2010)

2.2.3.3 CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO EÓLICO

Los vientos son corrientes de aire motivadas por el desigual calentamiento de la atmósfera debida a la radiación solar incidente. Las diferentes temperaturas del aire crean zonas con diferentes presiones atmosféricas. Como consecuencia de esta desigualdad de presiones se produce movimiento de las masas de aire, desde las zonas de alta presión, a las zonas de baja presión. Asociado al movimiento de una masa hay una energía, denominada energía cinética, que depende de su masa y su velocidad. (González, 2009, p. 337)

El viento, considerado como un recurso energético, es una fuente con grandes variaciones temporales, tanto a pequeña como gran escala de tiempo, así como espaciales, tanto en superficie como en altura. Quiere ello decir que podemos encontrar grandes variaciones de un día a otro, y a la vez de un emplazamiento a otro que no se encuentre muy alejado.

Parte del total de la energía contenida en el viento, es captada por las turbinas eólicas y transformada en energía mecánica en el eje. (Observatorio de Energia Renovable Para America Latina y El Caribe , 2010) La potencia mecánica (P, expresada en vatios) que llega al aerogenerador depende de los siguientes factores:

Del **tamaño del aerogenerador** (representado mediante el área de captación, A, en m²). La potencia disponible es directamente proporcional al área de captación.

De la **densidad del aire** (ρ , en kg/m³): razón por la que cuanto más elevado sea el emplazamiento, la potencia disponible es menor, para una velocidad de viento dada.

De la **velocidad del viento** elevado al cubo (v, en m/s). Esta relación cúbica hace que la dependencia con este parámetro sea muy marcada.

Esta está determinada por la expresión:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Ecuación 1

Las fases que pueden aparecer en una caracterización y evaluación completa del recurso eólico en un emplazamiento son las siguientes:

- Exploración: análisis de la información disponible
- Selección de emplazamientos: para la ubicación de la(s) torre(s) de medida
- Campaña de medidas: qué medir, por cuánto tiempo, con qué equipos, etc.
- Control de calidad de los datos medidos, con objeto de detectar los errores y corregirlos.
- Parámetros básicos de la evaluación: qué información es la más interesante.
- Análisis estadístico inicial de datos: cómo sintetizar dicha información.
- Producción energética teórica de un aerogenerador en el emplazamiento

Para el análisis de recurso es importante el contar con información de estudios relacionados al análisis de la relación de vientos, la dirección predominante, el grado de exposición, esto se puede realizar por medio de programas que recolectan información a nivel regional, para luego establecer puntos que cumplen con los criterios anteriores, a continuación, se muestra un mapa de análisis del recurso eólico para Honduras, elaborado por el proyecto SWERA.

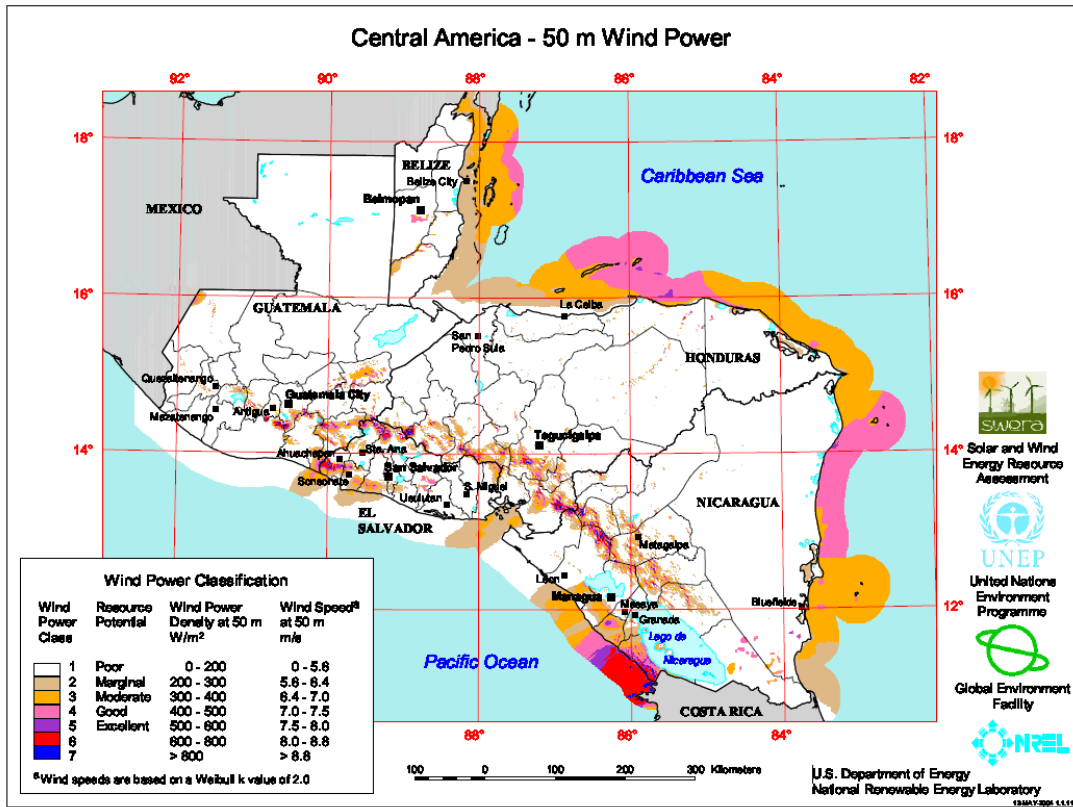


Figura 3 Mapa eólico elaborado por el proyecto SWERA.

Fuente: SWERA Project.

Es importante esta primera aproximación para la evaluación del recurso eólico dentro de las celdas de telefonía seleccionadas.

2.2.3.4 APLICACIONES DE LA GENERACIÓN EÓLICA A PEQUEÑA ESCALA

La relevancia de la aplicación de la energía eólica a pequeña escala, a priori podemos inferir que es la posibilidad más real de aplicación en las torres de las celdas de comunicación celular, ya que los en las diferentes fuentes podemos ver que es una de las aplicaciones de mayor uso en elementos aislados de la red, una de las características de las aplicaciones de las celdas de telefonía celular.

Adicional a esto la implementación de energía eólica en para modelos:

Implementación en el entorno urbano

Implementación en sistemas aislados, sistemas combinados. Ejemplo: Eólico – Diésel, Eólico – Solar

2.2.4 ENERGÍA SOLAR

El fundamento de la conversión de la energía del sol en energía eléctrica radica en el Efecto Fotovoltaico, descubierto por Becquerel en 1839 al observar que ciertos materiales, al ser expuestos a la luz, eran capaces de producir una corriente eléctrica. Sin embargo, no fue hasta 1954 cuando se produjo la primera célula fotovoltaica con una eficiencia de conversión aceptable (Chapin, 1954, célula del 6%). En los años 1950-70 se iniciaron las investigaciones intensivas en esta área, especialmente para aplicaciones espaciales. El gran cambio se produjo a partir de los 70, motivado en parte por la primera crisis energética internacional, que fomentó un intento de diversificación de las fuentes energéticas y promovió la investigación y desarrollo de la energía FV como fuente energética. (Observatorio de Energía Renovable Para América Latina y El Caribe , 2010)

El elemento fundamental en la conversión FV es la CÉLULA SOLAR. En determinados materiales semiconductores, los fotones de la radiación solar son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del semiconductor, haciendo posible la ruptura de sus enlaces de manera que estos quedan libres y puedan desplazarse en el material. La ausencia de un electrón por la ruptura de un enlace se denomina hueco, y también puede desplazarse a través del semiconductor. Por tanto, las propiedades de conducción eléctrica de un semiconductor se deben tanto al movimiento de los electrones como al movimiento de los huecos denominándose a ambos, de manera genérica, portadores de carga.

El movimiento de los electrones y huecos en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor, que sería aprovechable por un circuito externo. Con el fin de separar los huecos y electrones para que no se restablezca el enlace, se utiliza un campo eléctrico, que obliga a la circulación de ambas cargas en sentidos opuestos. Una célula solar no es más que un semiconductor preparado de manera que pueda extraerse la circulación de corriente en el mismo hacia un circuito externo.

Cuando la luz solar incide sobre la superficie de la célula, si esta se encuentra conectada a una carga, se producirá una diferencia de potencial en dicha carga, y por tanto una circulación de corriente desde el terminal positivo hasta el terminal negativo de la célula. No todos los fotones de

la radiación solar son capaces de generar pares electrón-hueco, sólo lo hacen aquellos que tienen una energía igual o superior al gap E_g de energía del material (ancho de la banda prohibida). Este valor es típico y característico de cada material semiconductor. Resumiendo, los fenómenos que ocurren son:

Los fotones con energía igual o superior a E_g pueden ser absorbidos y producir pares electrón-hueco que, a su vez, pueden actuar como portadores de corriente

El campo eléctrico separa los portadores antes de que se vuelvan a recombinar, causando la circulación de corriente que suministra energía a la carga

Se producen fenómenos de inyección y recombinación de pares electrón-hueco, causando así las pérdidas de recombinación en la célula FV.

Teniendo esto en cuenta, la corriente generada por la célula solar sería la diferencia entre la corriente foto generada I_L , debida a la generación de portadores producida por la iluminación, y lo que se llama corriente de diodo I_D o de oscuridad, debida a la recombinación de portadores producida por el voltaje externo.

$$I = I_L - I_D(V)$$

Ecuación 2

Desarrollando el término de la corriente de oscuridad según la teoría de Shockley, la ecuación (1) quedaría como:

$$I = I_L - I_0 \exp\left(\frac{V}{mV_t}\right)$$

Ecuación 3

Donde I_0 es la corriente inversa de saturación del diodo, V_t es el voltaje térmico ($V_t = kT/e$ siendo k la constante de Boltzmann, T la temperatura en grados Kelvin y e de la carga del electrón) y

m el factor de idealidad del diodo. (Observatorio de Energia Renovable Para America Latina y El Caribe , 2010)

De acuerdo con la teoría de Shockley, que supone que la recombinación se produce principalmente por difusión de minoritarios, m debería tener un valor igual a 1. Pronto se observó que muchos diodos de silicio solares tenían un valor de $m > 1$ que no concordaba con la teoría de la difusión. El uso de un parámetro m , ajustable a cada caso particular, trata de integrar, en un modelo simple, las desviaciones respecto al caso ideal.

El descriptor fundamental de la célula solar es su característica corriente-tensión I-V, que representa todas las posibles combinaciones de corriente y voltaje que pueden obtenerse de una célula en unas condiciones determinadas (más adelante veremos cuáles son los principales factores que afectan a la característica I-V). (Observatorio de Energia Renovable Para America Latina y El Caribe , 2010)

Corriente de cortocircuito (I_{cc} notación española, I_{sc} notación internacional): Es la máxima corriente que producirá el dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura, correspondientes a un voltaje igual a cero.

Voltaje de circuito abierto (V_{ca} notación española, V_{oc} notación internacional): Es el máximo voltaje del dispositivo bajo unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura, correspondientes a una corriente igual a cero.

Potencia máxima (P_{max}): Es la máxima potencia que producirá el dispositivo en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura, correspondiente al par máximo $V \times I$.

Corriente en el punto de máxima potencia (I_{max}): Es el valor de la corriente para P_{max} en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura.

Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{max}): Es el valor de voltaje para P_{max} en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura.

Factor de llenado o fill factor (FF): Es el valor correspondiente al cociente entre P_{max} y el producto $I_{sc} \times V_{oc}$. Puede venir expresado en tanto por ciento o tanto por 1, siendo el valor 100% el que correspondería a un hipotético perfil de curva cuadrado, no real. Nos da una idea de la calidad del dispositivo fotovoltaico, siendo éste tanto mejor cuánto más alto sea su factor de llenado.

Eficiencia Es el cociente entre la potencia que puede entregar la célula y la potencia de la radiación solar que incide sobre ella PL.

2.2.4.1 DISTINTOS TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Existen diversos tipos de células fotovoltaicas, en función del material del que están fabricadas o la estructura de la célula. Podemos distinguir:

Células de Si mono cristalino El silicio se purifica y se cristaliza en lingotes, los lingotes son cortados en finas obleas para hacer células individuales.

Células de Si Policristalinas Las células policristalinas se fabrican de forma similar a las monocristalinas. La principal diferencia es que se utiliza un silicio de bajo costo. Generalmente redonda en una reducción en la eficiencia, pero los fabricantes defienden que el precio por KW es Menor.

Células de Si Amorfo (Si-a). Aquí, las posiciones, distancias interatómicas y direcciones de los enlaces presentan dispersión con respecto a las de la estructura cristalina ordenada. El proceso de fabricación es más sencillo, pero el rendimiento del dispositivo es menor. El espesor de la célula es menor, por lo que entran dentro de la categoría de células de lámina delgada.

Silicio ribbon. Se realizan mediante el estiramiento de silicio fundido en lugar de la utilización de un lingote, el recubrimiento anti reflectivo utilizado en la mayoría de las células ribbon tiene una apariencia prismática multicolor.

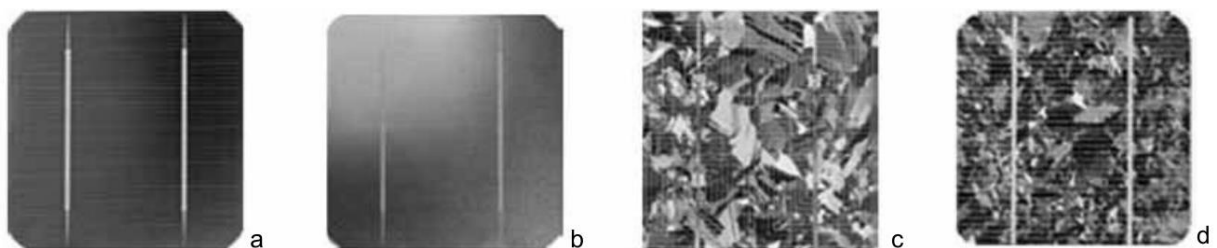


Figura 4 Silicio Mono cristalino (a y b) y Poli cristalino (c y d)

Fuente: Centrales de Energías Renovables Pág. 266

2.2.4.2 CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SOLAR

La radiación solar es la energía que nos llega del sol en forma de ondas electromagnéticas. A diferencia de otro tipo de transferencia de energía, la radiación electromagnética no precisa de soporte material para su transmisión, es decir, puede transmitirse a través del vacío.

Según el aspecto de la radiación solar que pretenda estudiarse, se utilizan varios conceptos para definir sus características.

El primero de ellos, llamado **Irradiancia Solar** (G), constituye una medida de potencia (energía/tiempo) por unidad de área. Por lo tanto, se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2), o mili vatios por centímetro cuadrado (mW/cm^2) cuando se trata de expresar la irradiancia incidente sobre una célula. La irradiancia que llega a nuestro planeta proveniente del Sol tiene un valor medio aproximado de $1\ 367\ W/m^2$.

Por **Irradiación Solar** se entiende la cantidad de energía solar que incide por unidad de superficie durante un período definido de tiempo (usualmente un día, mes o año). Se obtiene integrando la irradiancia global en dicho período. Suele expresarse en $kWh/(m^2 \cdot día)$, $kWh/(m^2 \cdot mes)$ o $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Un dispositivo fotovoltaico “plano”, funcionando en modo convencional, es capaz de aprovechar las componentes directa, difusa y reflejada de la irradiancia solar, de modo que la intensidad de corriente eléctrica que produce es directamente proporcional al valor de irradiancia global. Los dispositivos de concentración, sin embargo, están diseñados para concentrar y generar a partir de la componente directa.

La determinación de la posición solar sirve para la irradiancia (y su integral, la irradiación) incidente sobre un plano horizontal. También sirve para determinar el Ángulo de Incidencia (AOI, Angle of Incidence) de la radiación solar sobre los dispositivos fotovoltaicos, y así evaluar posibles opciones de seguimiento solar, en función de las pérdidas angulares. (Observatorio de Energía Renovable Para America Latina y El Caribe , 2010)

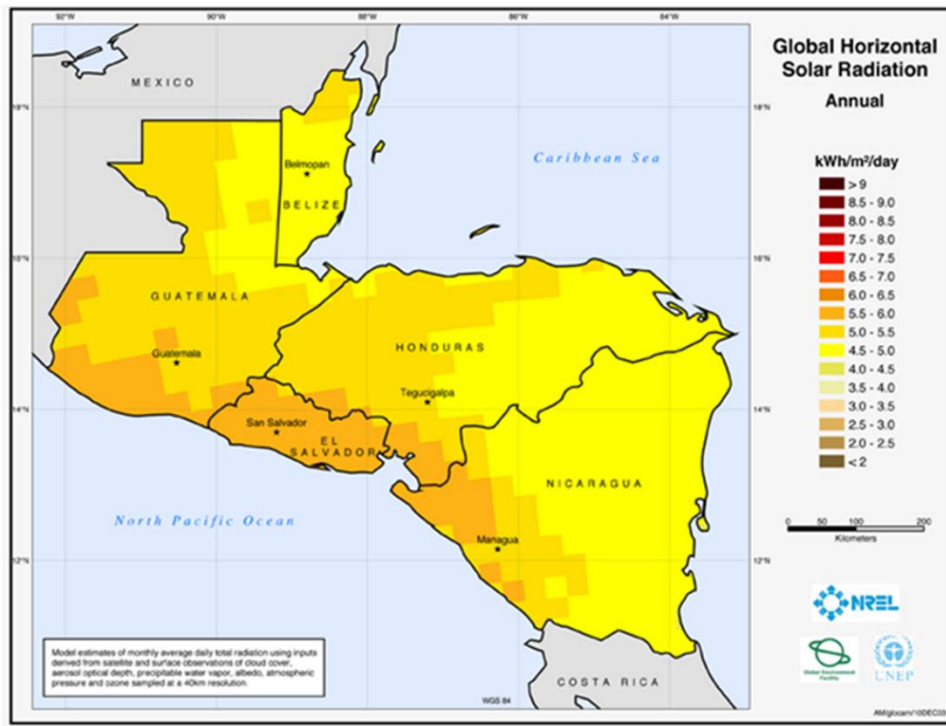


Figura 5 Mapa Radiación solar elaborado por el proyecto SWERA.

Fuente: SWERA Project.

Podemos ver la mayor cantidad de radiación se encuentra en la parte sur de Honduras, el aquí se han desarrollado los últimos grandes proyectos de energía solar.

Una vez caracterizadas las áreas de posibles aplicaciones de las fuentes de energía alternativas para la aplicación en las celdas de telefonía.

2.2.6 TELEFONÍA MÓVIL

La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red. El celular es el dispositivo por el cual la telefonía móvil encuentra su desarrollo, ya que por medio del él se logra la transmisión de datos y la comunicación por las redes y la infraestructura de cada proveedor de servicio. La red de telefonía móvil o celular consiste en un sistema telefónico en el que mediante la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (estaciones base) y una serie de centrales telefónicas

de conmutación, se posibilita la comunicación entre terminales telefónicos portátiles (teléfonos móviles) o entre terminales portátiles y teléfonos de la red fija tradicional.

La tendencia actual de las compañías de telecomunicación a nivel mundial está orientada hacia la concentración de la propiedad en grandes corporaciones multinacionales, esto es casi un requisito obligatorio si se piensa mantener un nivel competitivo en un entorno tan agresivo como el de la industria de las telecomunicaciones. En este sector las innovaciones son asimiladas por la competencia en un proceso de involucramiento casi inmediato, como hemos visto en el caso de Latinoamérica con la empresa española Telefónica pasando de ser un operador de comunicaciones local a expandir sus negocios por todo el mundo al crear una compañía multinacional la cual tiene planes de expandir su portafolio de servicio.

2.2.6.1 TELEFONÍA MÓVIL EN HONDURAS

El hito de la telefonía móvil en honduras comenzó con el ingreso de la sociedad Telefónica Celular S. A. (CELTEL), empresa que recibió una concesión de Hondutel mediante el decreto No. 37-96 del 1996. Para un mejor entendimiento del mercado de la telefonía, se divide en dos periodos, el primero de 1996 al año 2003 y el segundo del año 2003 al 2005 periodo en el cual comenzó a existir competencia en el sector.

Tabla 1 Honduras: Evolución de los suscriptores de telefonía Móvil de CELTEL 1996 al 2005

HONDURAS: EVOLUCIÓN DE LOS SUSCRIPTORES DE TELEFONÍA MÓVIL DE CELTEL, 1996-2005

Fecha	Suscriptores	Crecimiento anual (porcentaje)	Nuevos usuarios netos	Suscripciones/día
Dic-1996	2 276			
Dic-1997	14 427	533,88	12 151	33
Dic-1998	34 897	141,89	20 470	56
Dic-1999	78 588	125,20	43 691	119
Dic-2000	155 274	97,58	76 686	210
Dic-2001	237 629	53,04	82 355	225
Dic-2002	326 508	37,40	88 879	243
Dic-2003	351 285	7,59	24 777	67
Dic-2004	508 955	44,88	157 670	431
Dic-2005	854 798	67,95	345 843	947

Fuente: Competencia y regulación en las telecomunicaciones: el caso de Honduras. Marlon R. Tabora

En el cuadro anterior se puede ver el crecimiento exponencial de los suscriptores de telefonía móvil en Honduras, en el periodo descrito, esta etapa es marcada por el monopolio de la empresa de telecomunicaciones CELTEL.

Otro de los principales hitos en la historia de las telefonías celulares en Honduras es la apertura de a la competencia, CONATEL lanza en el periodo del 2001 la licitación para el proceso de adjudicación de una nueva banda de telefonía móvil. En esta licitación se definió claramente la participación de HONDUTEL en el mercado de telefonía móvil, hasta después de que se venciera la exclusividad de CELTEL en el año 2005.

El primero año la nueva empresa adjudicada MEGATEL, captó el 51.8% de los usuarios, para un 48.2 % por parte de CELTEL, para luego en los siguientes años se tuvo un repunte por parte de suscriptores. Para tener una evolución superior a sus competidores. (Tábora, 2007)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La descripción de la metodología planteada para el desarrollo de la investigación se muestra en el siguiente capítulo, con la finalidad de completar los aspectos teóricos del anteproyecto. Para tal fin, se describirá las actividades a realizar, los métodos de la investigación y las herramientas que se han seleccionado para la recolección de información, con esto se espera comprobar o descartar la hipótesis del anteproyecto.

El diseño de la investigación está enmarcado en la delimitación de la muestra el alcance del estudio y los procesos de investigación, las correlaciones de las variables de investigación, las visitas de campo y entrevista a grupos focales de interés.

Se detallará el cronograma de actividades de investigación con tiempos y recursos para la recolección de información, ejecución de los análisis de campo y escritorio, fundamentales para la comprobación de la hipótesis planteada.

3.1 MATRIZ DE CONGRUENCIA

Tabla 2 Matriz de Congruencia

Matriz de Congruencia				
Problema	Hipótesis	Objetivos	Indicadores	Justificación
Ineficiencia en el uso de la energía en sitios de telefonía celular	La utilización de fuentes de energía alternativa solar y eólica reducirá los costos operativos en los sitios de telefonía celular.	1. Analizar el consumo histórico de sitios tipo, representativos a nivel nacional de acuerdo a la facturación	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil de carga de 5 sitios 	Es necesario antes de realizar cualquier estudio conocer el consumo histórico
		2. Determinar factores claves que contribuyan a la reducción del consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de eficiencia de equipos • Análisis de tráfico de datos • Análisis de la infraestructura eléctrica 	Se debe analizar de forma particular cada uno de los componentes en un sistema eléctrico para determinar e implementar medidas de eficiencia energética.
		3. Hacer un Análisis del potencial energético	<ul style="list-style-type: none"> • Irradiación • Ventana solar • Temperatura • Velocidad de viento • Rosa de vientos 	Antes de recomendar el uso de diferentes tipos de tecnología se debe realizar un análisis de las

				características propias de la zona
		4. Basados en el perfil de carga, Basados en sistema híbrido de generación para el consumo en las celdas de telefonía celular.	Posibles Híbridos: <ul style="list-style-type: none"> • ENEE MOTOR BATERÍA SOLAR • ENEE MOTOR BATERÍA EÓLICA 	Dependiendo de la criticidad de la celda se puede proponer las opciones y cantidades de energía alternativa a insertar al sistema
		5. Determinar la carga mecánica que supondría agregar una nueva estructura en la torre existente.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño Estructural actual • Análisis de carga con el equipo de generación propuesto • Propuesta de diseño final 	La infraestructura diseñada para cargas previamente establecidas, por lo que se debe analizar su comportamiento con las nuevas cargas propuestas.
		6. Diseño un plan de mantenimiento para el equipo propuesto	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de mantenimiento 	Dado que el equipo que se sugiere instalar no es parte del quehacer diario del personal de mantenimiento se debe implementar un plan de mantenimiento y capacitar al personal.
		7. Realizar un análisis financiero con las propuestas planteadas	Corrida financiera: <ul style="list-style-type: none"> • TIR • VAN 	Antes de realizar cualquier inversión se debe saber su rentabilidad

3.1.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Se define la hipótesis como la guía en un proceso de investigación o estudio, esto nos dará una noción de lo que se trata de probar y como explicar tentativamente un fenómeno de estudio, hay que recordar que en toda investigación cuantitativa la hipótesis debe de tener claridad con el alcance inicial del estudio (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 125), la tabla que se muestra a continuación demuestra los alcances de los estudios:

Tabla 3 Alcance del estudio y variables

Alcance de los estudios	Formulación de la Hipótesis
Exploratorio	No se formulan Hipótesis
Descriptivo	Se formulan Hipótesis cuando se pronostican un hecho o dato
Correlacional	Se formulan hipótesis correlacionales
Explicativo	Se formulan hipótesis casuales

Fuente: Metodología de la Investigación sexta edición, Sampieri

Las variables que se determinaron dentro de la investigación:

Tabla 4 Variables de la investigación

Variables Independientes	Variables dependientes
Potencial eólico	Energía Generada
Potencial solar	Ahorro energético
Demanda de potencia	Potencia Instalada
Energía consumida medida	
Historial de consumo energético	

Estas son las principales variables que se han relacionado a las investigaciones preliminares del anteproyecto expuesto.

3.1.2 HIPÓTESIS

Es necesario recordar que no en todas las investigaciones cuantitativas se plantean hipótesis, es posible ver el detalle del cuadro anterior, por lo que se define la hipótesis siguiente:

La implementación de energía renovable, tendrán como resultado la reducción de al menos un 15 % del consumo de energía eléctrica proveniente de la red nacional en las celdas de telefonía celular.

Esta hipótesis podemos definirla de investigación, en la que se definen como proporciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables (Babbie 2014 y 2012)

Como lo delimita la hipótesis la aplicación de dos variables, a la inserción de la energía renovable y las acciones de eficiencia energética son las acciones que repercute directamente en la reducción del consumo y facturación.

3.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Para la correcta interpretación de los resultados y la investigación, se utilizó el método de investigación Correlacional y descriptivo, de la investigación cuantitativa, las principales consideraciones de cada una de los métodos a utilizar, según el Libro Metodología de la investigación (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 5):

Descriptivo:

- Considera el fenómeno estudiado y sus componentes
- Mide Conceptos
- Define Variables

Correlacional:

- Asociación de conceptos y variables
- Permite Predicciones
- Cuantifican relaciones entre conceptos y variables

Según la literatura citada dentro de los parámetros de investigación, “El método correlacional soporto el grado de relación que las variables puedan tener ya que evalúan y según (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 85) . Complementariamente, Sampieri indica que “la investigación correlacional tiene, en alguna medida, un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.” (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 83) (la recolección de datos es fundamental para la para la interpretación de las variables de estudio, definidas en el proceso de investigación de este capítulo.

Otro aspecto importante dentro de la investigación es el enfoque descriptivo, según Sampieri

“Estudios descriptivos buscan especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencia de un grupo o población.” (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 92)

Esto nos determinó las propiedades, las características y perfiles de el comportamiento de las variables de estudio, el comportamiento de la demanda por tipos de torres y tráfico celular, características horarías de consumo, la demanda de cada uno de los equipos instalados, y las características.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez determinado el enfoque se estableció un diseño no experimental transversal, basados en los parámetros de importancia dentro de cada uno de los enfoques, con la finalidad de someter a comprobación la hipótesis del anteproyecto.

La determinación del diseño de la investigación tuvo como propósito responder pregunta de investigación, cumplir los objetivos del estudio, y someter la hipótesis a prueba, como lo explica Sampieri en el libro la metodología de la Investigación sexta edición

“El diseño de la investigación se refiere al plan o estrategia y aplicación al contexto particular de los estudios”, (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 94)

Para el diseño elegido de esta investigación lo determinamos como el diseño experimental, tomado de la Metodología de Investigación ya que se pudo realizar una manipulación de las variables independientes para poder tener mediciones de las variables independientes.

Para seguir con, esquema de trabajo plateado en el diseño de la investigación, y la escasa información de consumos energéticos ligados a cada una de las características de los sitios de estudio, se estableceremos las variables dependientes e independientes, con la finalidad de realizar los cambios o acciones experimentales con la inserción de energías renovable para reducción de los costos por consumo de energía, y la aplicación de acciones de eficiencia energética para la reducción del consumo como variables independientes y establecer la correlación con las variables dependientes.

3.4 DELIMITACIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 UBICACIÓN Y ESPACIO GEOGRÁFICO

El área para el desarrollo del estudio fue asignada por la empresa de telefonía en base a las necesidades de aplicación para un mejor impacto y replica, esta se ubicó en el departamento de Fráncico Morazán específicamente el distrito central. En la figura 6 se puede observar el mapa de ubicación del punto de estudio

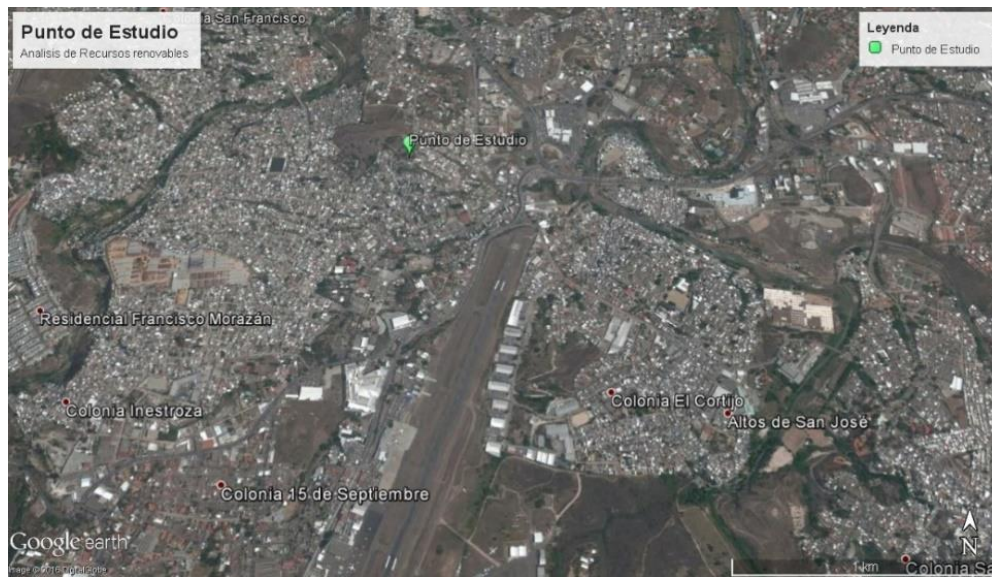


Figura 6 Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio

Las priorizaciones de estas áreas son basadas en la facilidad de accesos a datos e importancia de cada una de estas áreas para el desarrollo de la investigación y el posible desarrollo posterior. La población de Tegucigalpa es una de las grandes áreas de desarrollo a nivel Nacional, siendo la capital del país y teniendo una población estimada de más de 1.6 millos de personas, el crecimiento acelerado de estas áreas y la demanda de las necesidades de comunicación son los grandes desafíos que actualmente se presentan para las empresas de telefonía celular, el sitio es representativo de diversos componentes en de celdas de telefonía celular que cubren el 100% de las cobertura del distrito central, esta caracterización se realizó con el personal de la empresa de telecomunicación celular, las características se basan el tipo de celda, consumo, ubicación geográfica.

3.4.2 UBICACIÓN TEMPORAL

El inicio de la investigación y recolección de datos comenzó a partir del mes abril del 2016, dando inicio con la investigación de gabinete de los consumos energético del sitio, recolección de información histórica, recolección de historia técnico.

3.4.3 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La selección del tipo de muestra para esta investigación se definió como muestra no probabilística por conveniencia, en vista de que se seleccionara un sitio de telefonía celular como un “Sub Grupo de la población en la selección de los elementos no depende de la probabilidad, si no de las características de las investigaciones” (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2006, p. 176), las características de la muestra son:

Tabla 5 Características Técnicas del sitio de estudio

Características Técnicas		
Localización	14.04 N	87.219 W
Tipo	Celda de e Telefonía celular	
Altura de Torre	45 Metros	
Estaciones cercanas	Estación Meteorología Tocoín	
Altura msnm	1055 msnm	
Datos de Relevancia	Data de 5 años	

Las unidades de análisis fueron aquellas en las que se recolectarán los datos de la investigación, cuyos los paramentos de medición serán: Radicación Solar, Temperatura, Velocidad de viento, dirección, etc. El otro aspecto fue las de medición de equipos y consumos energéticos, consumo histórico.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

3.5.1 MÉTODOS CUANTITATIVOS

Base de datos: se realizó la investigación y recolección de información histórica de consumo, por medio de fuentes secundarias y primarias, tomadas de la base de datos climatológica de la NASA, estación meteorología Tocoín del servicio meteorológico y el consumo histórico energético proporcionado por el cliente.

Recolección de información de Campo: se realizó la instalación de un analizador de redes Fluke 435 II, con la finalidad de obtener la característica del consumo energético en el sitio de interés, por un tiempo de siete días ininterrumpidos.

3.5.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

3.5.2.1 ETAPA 1 DIAGNOSTICO DE CONSUMO ENERGÉTICO CELDA DE TELEFONÍA.

La primera etapa de la investigación contemplo el análisis de la información histórica del consumo, construyendo un perfil de carga en el que se identifican: potencia, energía consumida, corrientes, y factor de potencia entre otros.

3.5.2.2 ETAPA 2 ESTUDIO TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DEL RECURSO ENERGÉTICO

En esta etapa se contempló el análisis de la información recolectada de las bases de datos de las estaciones cercanas e información del servicio metrológica nacional, con parámetros de confiabilidad y de desviación estándar permitidas dentro de los parámetros de calidad.

Por medio de un software análisis numérico libre Lakes Environmental se realizó un análisis de las variables para el estudio del recurso eólico y solar, con esta estimación se determinó la cantidad de energía aprovechable para el emplazamiento de estudio.

3.5.2.3 ETAPA 3 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOGENERACIÓN PARA EL CONSUMO DE CELDAS DE TELEFONÍA

Una vez analizado el recurso disponible y comprobado su factibilidad, se modeló el análisis de consumo diario y las soluciones más factibles para para la generación de auto consumo energético en la celda de telefonía.

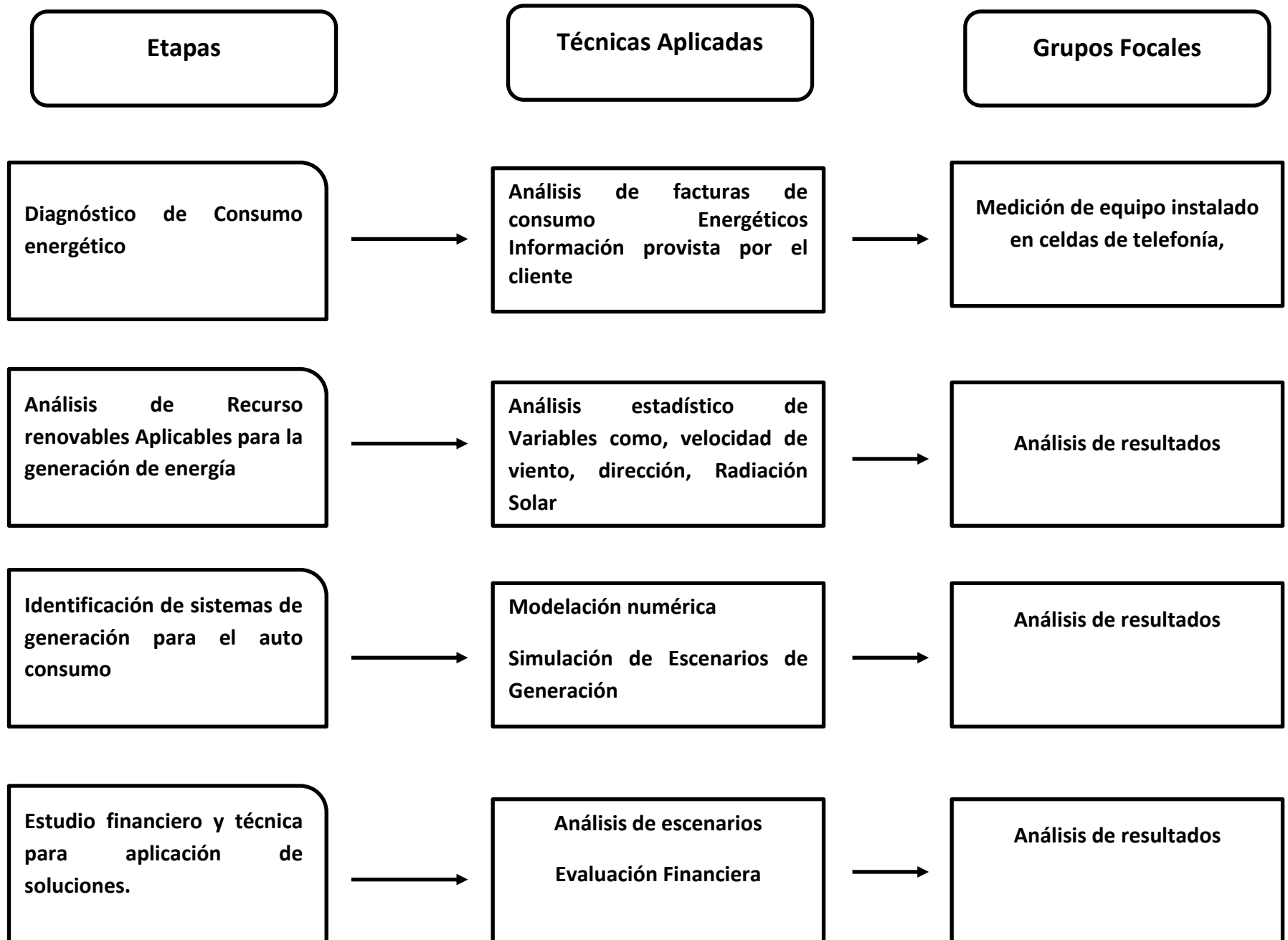
En esta etapa se utilizó un software Homer 3.0 Demo análisis de energía híbrida con el fin de modelar los escenarios de consumo, es importante determinar cuáles son los parámetros que limitan la autogeneración para hacer viable técnica y económicamente la solución propuesta, la identificación de estos parámetros se realizó por una serie de escenarios.

Los escenarios analizados para la sensibilización de las variables y la determinación de los costos financieros con las finalidades de la evaluación del sitio fueron los siguientes:

Escenario tendencial, auto consumo de 15% de la demanda, precio del kilovatio hora y costos de la inversión sin variaciones

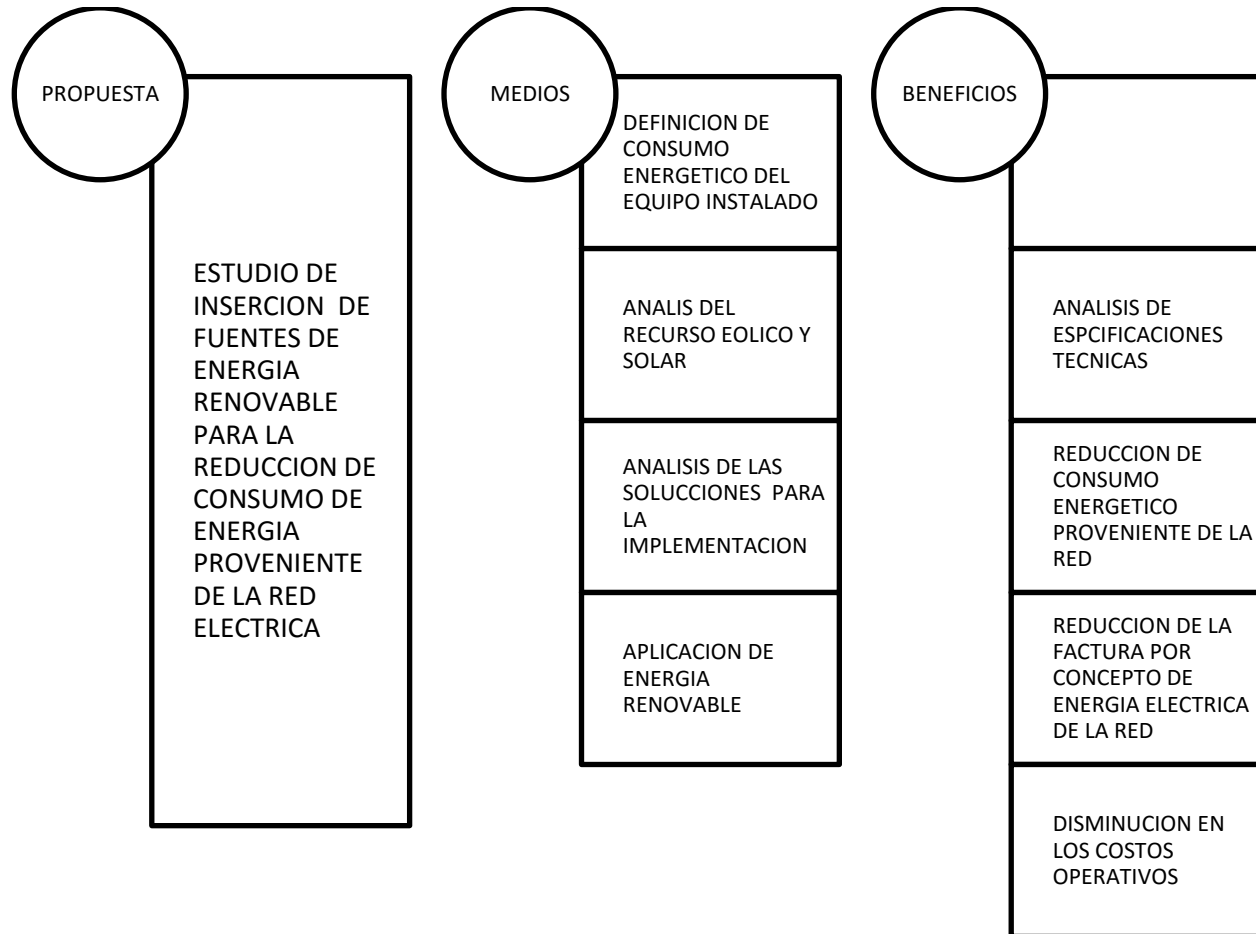
Escenario optimo, auto consumo de 15% de la demanda, aumento de la inflación repercutiendo en el aumento al precio del kilovatio hora y costos de la inversión sin variaciones. Escenario pesimista, disminución en un 10% de la generación, precio del kilovatio hora según la tendencia y aumento de los costos de la inversión por variantes no contempladas.

3.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO METODOLÓGICO



3.7 ESQUEMA DE PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La propuesta presentada para la implementación de la generación para auto consumo por medio de fuentes de energía renovable para las celdas de telefonía móvil.



3.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

CRONOGRAMA DE TESIS																							
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin																		
						ene	01 feb	22 feb	14 mar	04 abr	25 abr	16 may	06 jun	27 jun	18 jul								
						L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
1		TRABAJO DE TESIS	115 días	sáb 30/01/16	vie 08/07/16															88%			
2		Etapa inicial de Anteproyecto	44 días	sáb 30/01/16	jue 31/03/16															100%			
8		Etapa 1 Diagnostico de consumo energetico de la celdas de telefonia	20 días	lun 14/03/16	vie 08/04/16															100%			
17		Etapa 2 Analisis de Recurso renovable aplicables para la generacion de energia	9 días	mié 06/04/16	lun 18/04/16															100%			
23		Etapa 3 Identificacion de sistemas de autogeneracion para el consumo de celdas de telefonia	18 días	mar 19/04/16	jue 12/05/16															100%			
28		Etapa 4 Analisis de Factibilidad Financiera y tecnica para la aplicación de las soluciones	40 días	vie 13/05/16	jue 07/07/16															60%			
35		Defensa de tesis	1 día	vie 08/07/16	vie 08/07/16															0%			

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Durante el proceso de investigación, se realizó un registro de datos con el objetivo de conocer las fuentes de energías alternas que se pueden implementar como soluciones a la demanda energética del sitio de telefonía celular.

Los datos analizados para el sitio propuesto, se basaron en tres análisis fundamentales, los cuales se detallan a continuación:

Medición de viento por medio de data histórica de estaciones ubicada en áreas vecinas de la zona, adicional la medición en situ de las condiciones y velocidad de viento predominante por medio de una estación meteorología automática, Navis Modelo Vantag VUE que ofrece medición de las siguientes variables velocidad de viento dirección, radiación solar, y precipitación. Determinando así las velocidades dominantes para los periodos de cada uno de los meses, uno de los principales resultados es el promedio anual de la velocidad de viento estimado en 5.05 metros / segundo, con estas características de viento la solución factible para la generación por medio de energía eólica, se basen en dos alternativas principales, turbinas pico eólicas < 3 kW, de eje vertical y de eje horizontal, por lo que la investigación se centró en el aprovechamiento eólico por medio de turbinas de eje horizontal por que se tomó la decisión de trabajar con eje horizontal y no vertical.

Respecto al recurso solar, las mediciones de radiación son utilizadas mediante la estación, ubicada en la oficina de Aeronáutica civil, ubicada en el Aeropuerto Tocatín de la ciudad de Tegucigalpa, que brinda un parámetro acertado para la distribución espacial de la zona de estudio, en base a los análisis realizados es factible la instalación de paneles fotovoltaicos.

Según la interpretación de los datos y las cargas, se estima que un sistema hibrido entre energía solar Y para proveer la energía, a la celda de telefonía, con una potencia pico de 5000 w entre la potencia eólica y solar, teniendo en mente que se desea inyectar a la red la menor cantidad posible de la energía generada

4.1 DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO O SERVICIO

La energía renovable brinda una salida al problema de la alta dependencia de la red de energía nacional, mejorando la autonomía de los sitios de telefonía celular y reducción de costos por consumo de energía eléctrica.

4.2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL VIENTO: POTENCIAL EÓLICO

Las características del sitio de estudio:

Tabla 6 Características del sitio de estudio

Características Técnicas		
Localización	14.04 N	87.219 W
Tipo	Torre de Telefonía Tipo 1	
Altura de Torre	40 Metros	
Estaciones cercanas	Estación Tocotín	Meteorología
Datos de Relevancia	Data de 5 años	

Velocidades promedio de Viento establecidas para la zona de estudio.

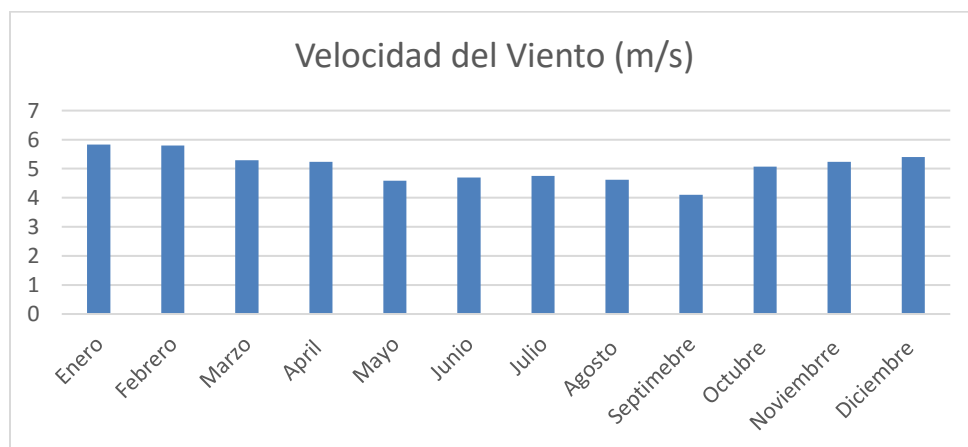


Figura 6 Velocidades promedio del viento

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

Como se puede observar dentro de la caracterización de las velocidades promedio del viento, estas están dentro de los parámetros de 4.1 a los 5.83 m/s, siendo el mes de enero con mayor medición y el mes de septiembre con el de menor, el promedio anual se sitúa en 5.05 m/s, estas velocidades son obtenidas de la estación meteorología ubicada en el aeropuerto Toncontín a una altura promedio de 10 metros sobre el nivel del terreno natural, sin tomar en consideración la orografía y las estructuras existentes, por lo que es necesario realizar la modelación de los flujos por medio de software especializado.

Esta distribución presenta características importantes para la implementación de la energía eólica como fuente alterna. Estas velocidades recomiendan aerogeneradores de tri palas menores a 3 kW de eje horizontal y la implementación de turbinas eólicas de eje vertical.

Estos son los parámetros iniciales para el establecimiento de las tecnologías aplicables para la generación de energía, la distribución de Weibull

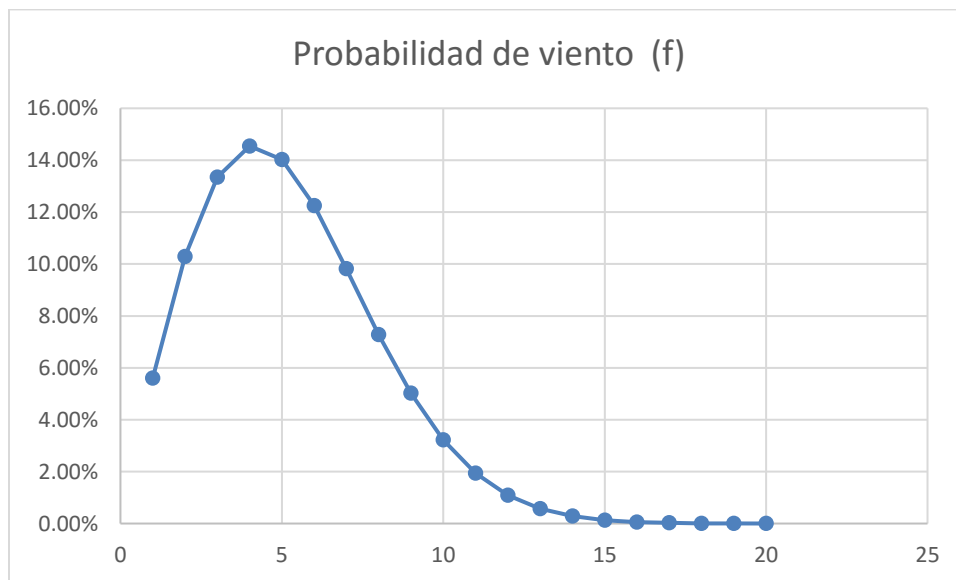


Figura 7 Distribución de la frecuencia de viento para la Zona de estudio

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

Como se detalla en la figura, la mayor frecuencia a lo largo del periodo de estudio, es la velocidad de 5.0 m/s, con una frecuencia de 23% por lo que, a lo largo del año, este es el periodo dominante del recurso.

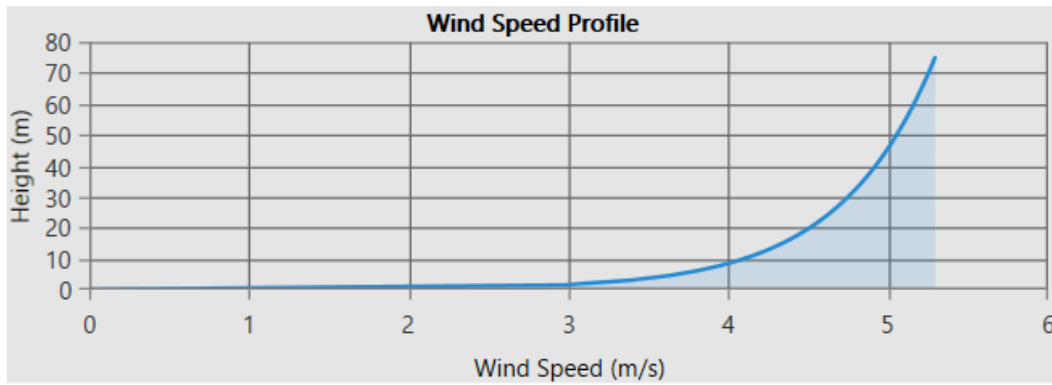


Figura 8 Perfil de Viento

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

El análisis realizado para el perfil de viento mediante extrapolación de los valores, esta fue calculado por medio del simulador Homer Microgrid Analysis 3.6.1 como versión de evaluación, para permitir facilitar los cálculos de la producción de energía por medio del recurso del viento, en el sitio propuesto.

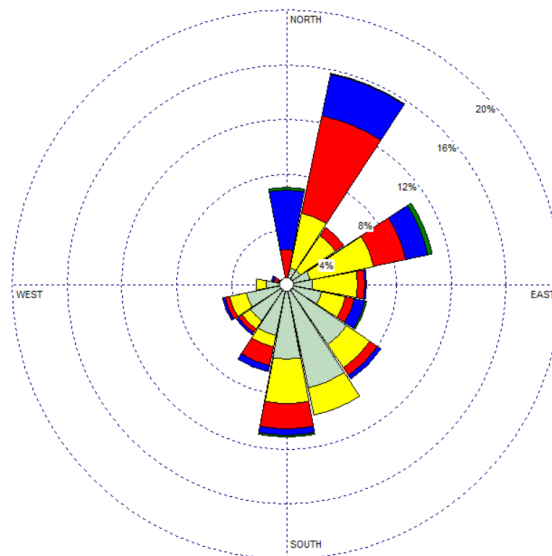


Figura 9 Rosa de viento

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

Una herramienta práctica para determinar la caracterización del viento es la rosa de viento con frecuencias acumuladas de dirección, como podemos ver esta marca una característica estable de viento predominante en la dirección NNE Norte – este a 15 grados, esto facilita el uso de a

regeneradores de eje horizontal para este emplazamiento y brinda una noción de la posición principal del aerogenerador durante la mayoría del tiempo de trabajo.

Como fuente de información adicional para la caracterización del recurso es necesario la modelación de la orografía por medio de elevación topográficas, el modelo utiliza para este análisis es un modelo de topografía LIDAR de alta resolución espacial, arroja datos exactos, su precisión varia en los 5 cm, este es un gran aporte para la modelación de los recursos eólicos, disponibles en la zona de estudio.



Figura 10 Mapa Topográfico Área de Interés para modelación de viento

Fuente: Estudio LIDAR USGS, año 2001

Esta imagen ofrece información importante sobre las características orográficas del sitio de estudio, en el cual el modelo de elevaciones muestra que esta sobre un área de mayor altura a la mayoría de los obstáculos del viento y las direcciones a nivel orográfico y general del distrito central.

Este análisis nos da un parame de la interferencia de los vientos con el sitio de estudio, pero es necesario analizar las condiciones locales de los principales obstáculos dentro de los cuales trabajar el sistema eólico.

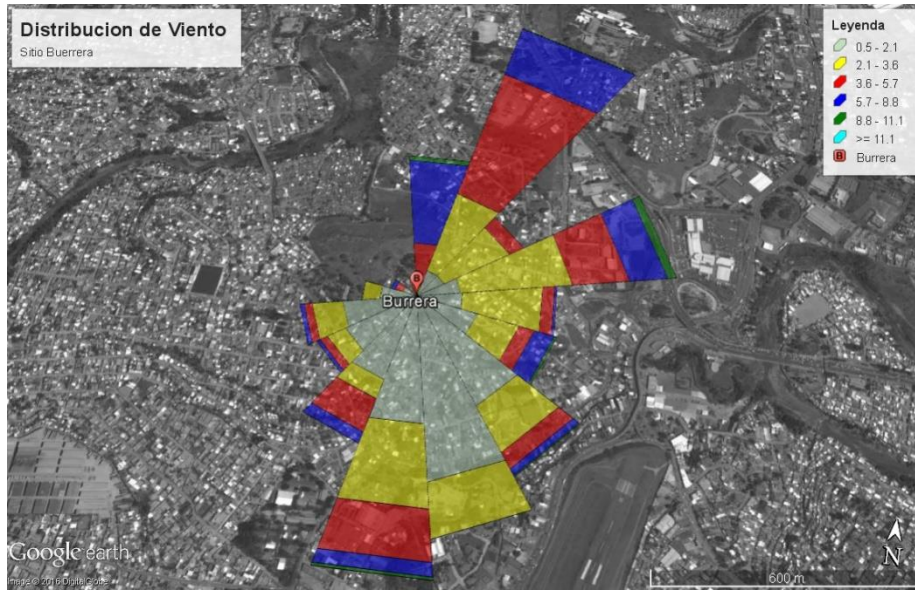


Figura 11 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.



Figura 12 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio.

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.



Figura 13 Frecuencia de direcciones de viento respecto al sitio de estudio.

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

Las figuras anteriores nos ofrecen una visión de los obstáculos locales principales que los flujos de viento tienen con respecto a nuestro sitio de estudio, para que las soluciones propuesta y los parámetros de diseño iniciales puedan solventar y el aerogenerador pueda capturar la mayor energía eólica posible la mayor parte del tiempo. Es la figura 4.10 podemos observar el principal obstáculo del viento en el sector norte y noreste, son los árboles que se encuentra, pero tiene una altura máxima de 4 metros, por lo que la altura mínima del aerogenerador debe de ser superior a los 8 metros y evitar flujos de turbulencia causados, para el resto de las direcciones no hay obstáculos que interpongan para la captación del recurso.

4.3 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA SOLAR POTENCIAL FOTOVOLTAICO

Como a análisis inicial para el recurso solar, disponemos de mapas regionales, de la radiación de las zonas generales del continente, esto determina inicialmente las áreas potenciales para el aprovechamiento de este recurso. Una de las principales fuentes de información es el mapa global de radiación solar por parte de solar gis que permite resultados preliminares para el aprovechamiento del recurso.

Honduras es una zona con un excelente potencial solar. Para la determinación se analiza directamente la radiación en el punto de estudio, con la información determinada en los incisos anteriores.

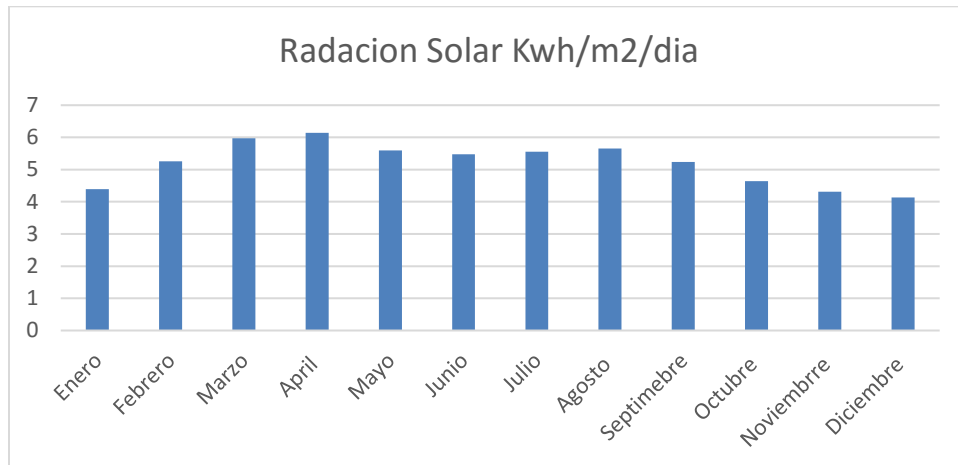


Figura 14 Mapa de radiación solar Latinoamérica.

Fuente: Datos meteorológicos estación Aeronáutica civil Aeropuerto Toncontín.

La radiación promedio del área de estudio es de 5.20 kWh.m2/día, con una ventana solar de 5.20 horas diarias, la limitación con el uso de esta fuente de energía es la inestabilidad y variabilidad que representa la radiación en esta área, por la nubosidad, adicional a este estudio se realizan el análisis de opácalos y sombras, en la cual se define las áreas potenciales para la instalación de paneles fotovoltaicos.

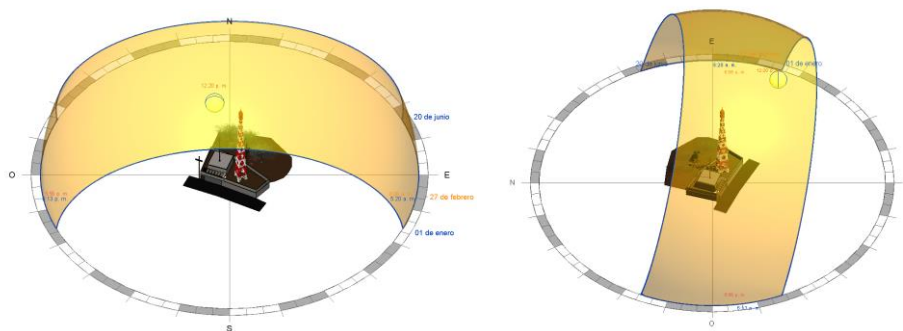


Figura 15 Modelación de Sombras

Variación de la ventana solar por mes:

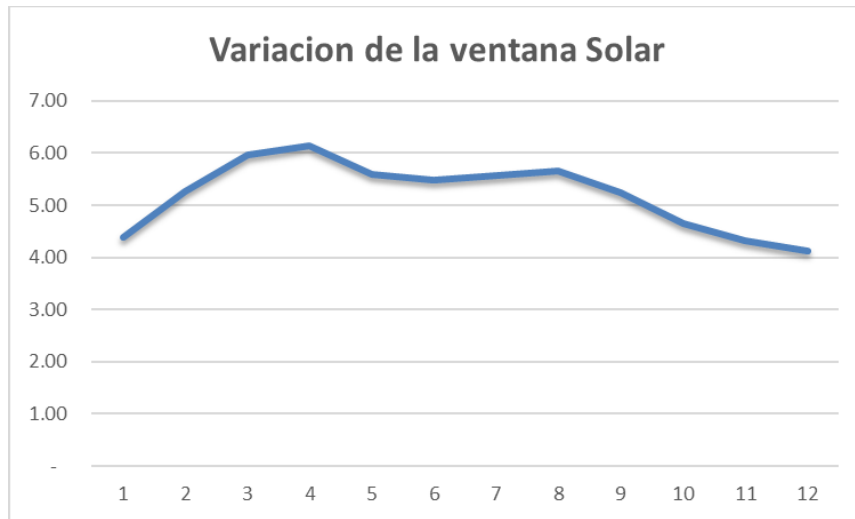


Figura 16 Variación de la ventana solar por mes

Para la realización del análisis del recurso solar, fue necesario el análisis de los principales obstáculos y la radicación en el sitio de estudio, trayectoria solar, etc., fue necesario la utilización del software Revit Autodesk, la figura 17 expone la trayectoria del sol en periodo dos años para el sitio de estudio, los resultados principales del análisis de sombras y obstáculos para las horas más críticas se dé capacitación solar se muestra en continuación:

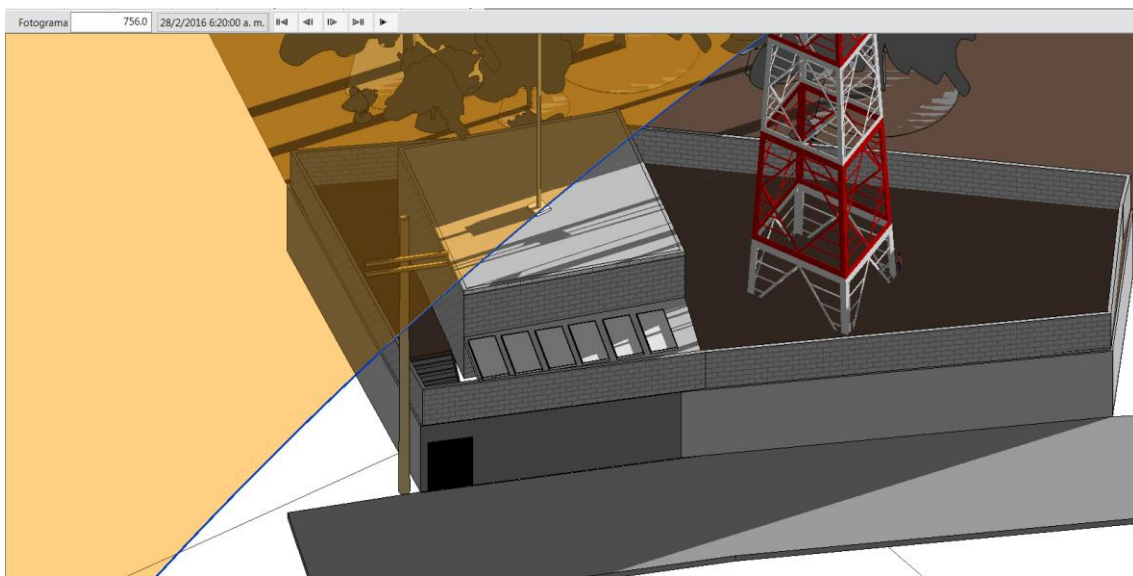


Figura 17 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 6:20 am

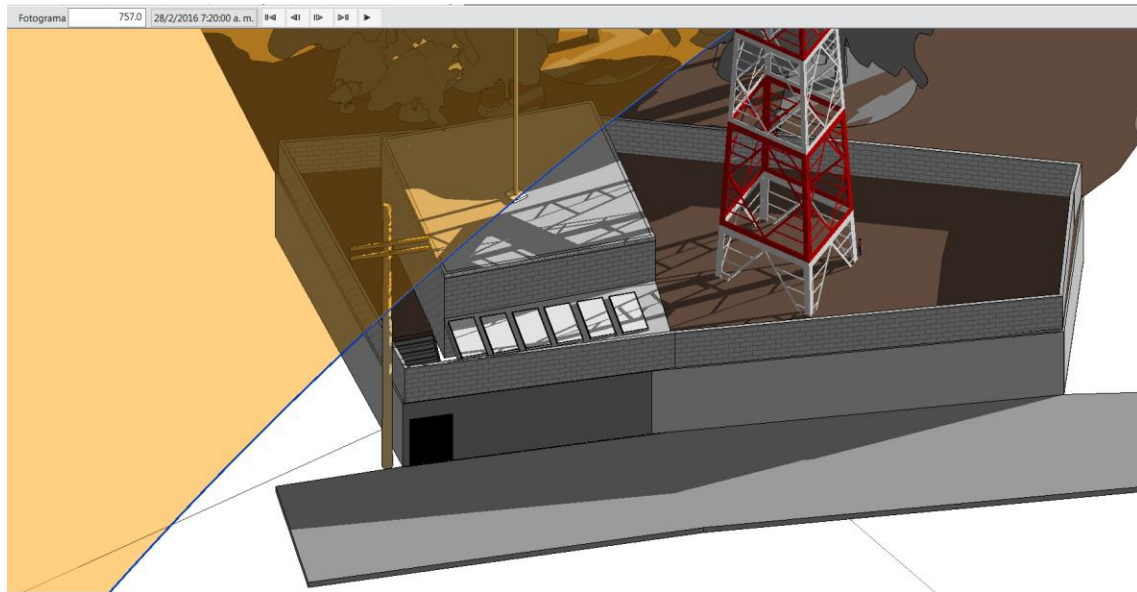


Figura 18 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 7:20 am

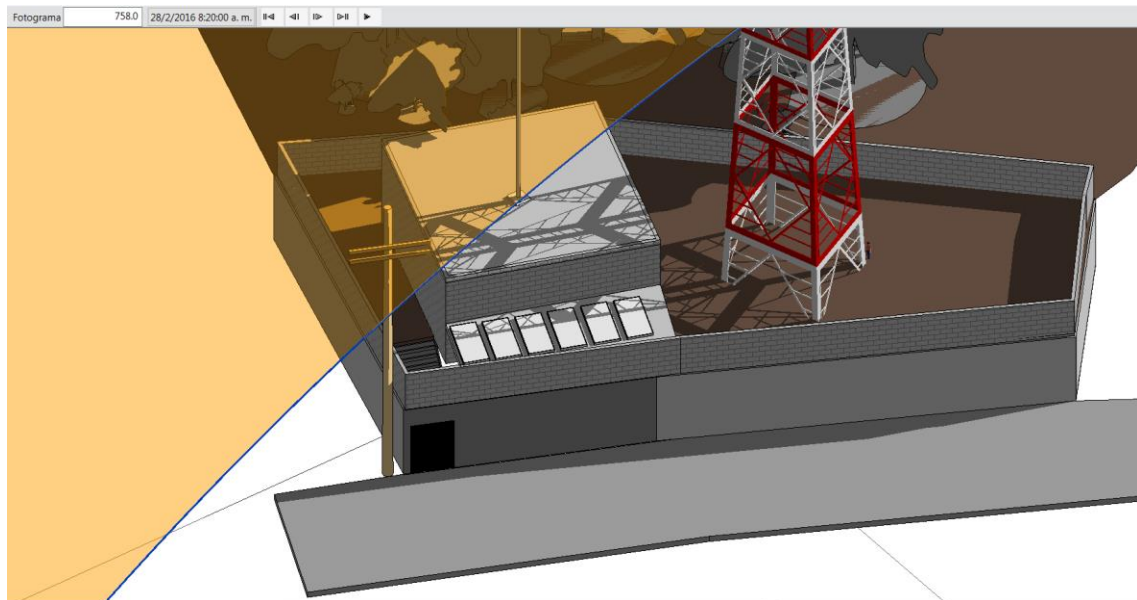


Figura 19 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 8:20 am

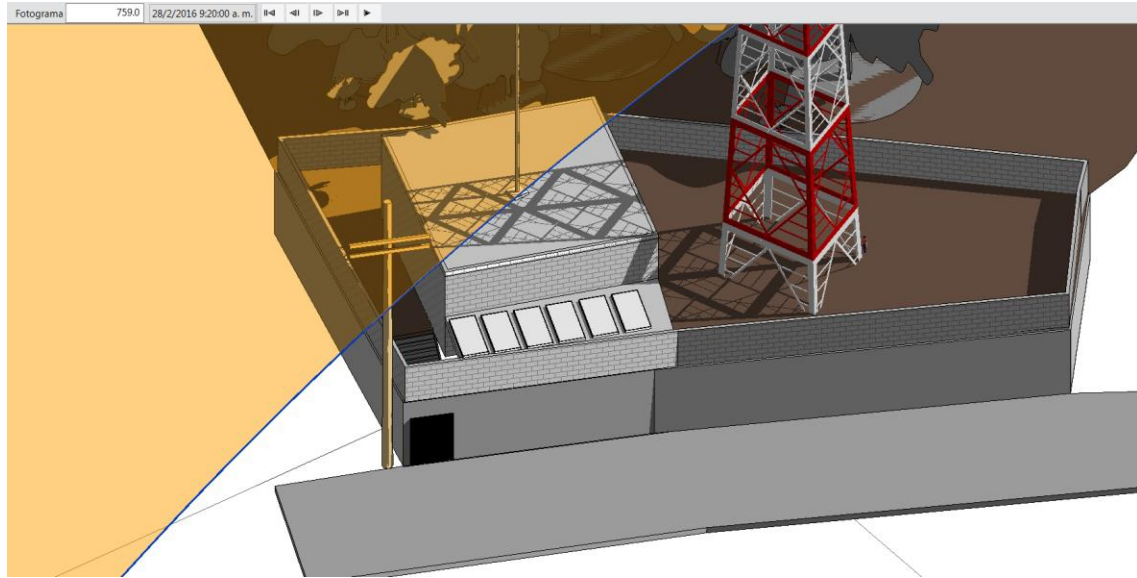


Figura 20 Modelación de Sombras y obstáculos para el análisis del recurso solar hora 8:20 am

Los resultados del análisis de sombras, muestran que las horas más críticas son de las 6:00 am a las 7:00 am, en las cuales el 30% de los paneles se encuentran cubiertos, por lo que la eficiencia en estas horas no será la óptima, al pasar de las horas por la ubicación geográfica del sitio los paneles quedan totalmente expuestos a la radiación solar por lo que resta del día, dando una óptima capacidad de conversión de energía, por lo que la propuesta requiere de la instalación de estos equipos en el techo de concreto inicial.

4.5 CALCULO DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA

Basado en los cálculos de la disponibilidad del recurso, se ha realizado un análisis de la cantidad de energía posible para la generación, esto basado en las características técnicas de los equipos propuestos, que se detallan en el capítulo de aplicabilidad. Para este análisis se utilizó las tablas de Excel de cálculos de energía y disponibilidad de recurso:

Preparado para:	Hibrido Solar Eolico	3 kW			
Ubicación de la instalación:	Torre Burrera				
Fuente de Datos:	Estacion Toncontin				
Fecha:	8/7/2016				
Entradas:		Resultados:			
Media Viento (m/s) =	5.05	Veloc. Media Altura Buje (m/s) =	6.43		
Weibull K =	2	Factor Densidad de aire =	-9.2%		
Altitud del lugar (m) =	1,007	Potencia de Salida Media (W) =	894		
Exp. Cortadura =	0.220	Energía Diaria Generada (kWh/día) =	20.4		
Altura Anem. (m) =	10	Energía Anual Generada (kWh) =	7,436		
Altura Torre (m) =	30	Energía Mensual Generada =	620		
Factor Turbulencia =	5.0%	Porcentaje de tiempo de utilización =	88.8%		
Margen Seguridad =	5.0%				
Cálculos de la Generación con una Función de Distribución de Weibull					
Bin	Velocidad de viento (m/s)	Potencia (W)	Probabilidad de viento (f)	Neto W @ V	Cálculos de la Weibull: La probabilidad de la velocidad de viento se calcula como una función de Weibull definida por la media y un factor de forma, K. Para facilitar la integración por trozos, se divide el rango de velocidades de viento en "bines" de 1 m/s de ancho (Columna 1). Para cada bin, se multiplica la potencia eólica instantánea (W, Columna 2) por la probabilidad de esa velocidad de viento de la Weibull (f, Columna 3). Este producto (Neto W@V, Columna 4) es la contribución de la generación eólica para ese bin. El sumatorio de todas estas contribuciones es la generación media de energía del aerogenerador a lo largo de 24 horas. Se consiguen mejores resultados con medias anuales o mensuales. No se recomienda el uso de medias
1	0	0	3.76%	0.00	
2	0	0	7.10%	0.00	
3	0	0	9.67%	0.00	
4	300	300	11.28%	29.17	
5	500	500	11.87%	51.15	
6	600	600	11.53%	59.67	
7	800	800	10.49%	72.36	
8	1500	1500	8.99%	116.33	
9	1900	1900	7.31%	119.70	
10	2700	2700	5.64%	131.34	
11	3100	3100	4.15%	110.94	
12	3200	3200	2.91%	80.42	
13	3200	3200	1.96%	53.97	
14	3200	3200	1.26%	34.65	
15	3200	3200	0.77%	21.30	
16	3200	3200	0.45%	12.55	
17	0	0	0.26%	0.00	
18	0	0	0.14%	0.00	
19	0	0	0.07%	0.00	
20	0	0	0.04%	0.00	
2000, Bergye Windpower Co.		Total:	99.65%	893.55	

Figura 21 Modelación de la característica de viento y potencia de aerogenerador

Este cálculo nos muestra un primer acercamiento de la producción del recurso solar y eólico:

Tabla 7 Cuadro de generación de Energía por tipo de sistema

Mes	Eólica Energía Diaria Salida, kWh	Fotovoltaica Energía Diaria Salida, kWh	Total Energía Diaria Salida, kWh	Consumo Cubierto %
ENE	24.4	7.9	32.3	20%
FEB	24.2	9.5	33.7	21%
MAR	20.4	10.7	31.2	19%
ABR	20.0	11.1	31.1	19%
MAY	15.0	10.1	25.1	15%
JUN	15.9	9.9	25.7	16%
JUL	16.3	10.0	26.3	16%
AGO	15.3	10.2	25.4	16%
SEP	11.4	9.4	20.8	13%
OCT	18.7	8.4	27.1	17%
NOV	20.0	7.8	27.8	17%
DIC	21.2	7.4	28.7	18%
Media Año	18.6	9.4	27.9	17%

Los resultados de esta modelación, para el escenario propuestos vemos que la generación con el sistema hibrido nos ofrece un 17% de la demanda propuesta del sistema, con una generación media al ano de 27.9 KWh día. Cubriendo en alguno de los casos un porcentaje mayor como los meses de enero a abril, en los cuales el recurso de viento es mayor y la radiación solar.

Es importante establecer que los cálculos son realizados para poder tener la disposición inicial del recurso y la cantidad de energía disponible, en el capítulo de aplicación se detallan los equipos y tecnologías utilizadas para la implementación del proyecto, en el sitio de estudio.

Tabla 8 Cuadro de generación de Energía por tipo de sistema

Días por Mes	Energía Producida Kwh Mes	Costo Energía Ahorrada	Consumo Medio Mensual	Consumo Cubierto %	Porción Solar	Porción Eólica
31.0	1001.7	\$ 174.30	5068.87	20%	24%	76%
28.0	942.6	\$ 164.01	4578.34	21%	28%	72%
31.0	965.8	\$ 168.05	5068.87	19%	34%	66%
30.0	932.4	\$ 162.24	4905.36	19%	36%	64%
31.0	778.6	\$ 135.47	5068.87	15%	40%	60%
30.0	772.2	\$ 134.37	4905.36	16%	38%	62%
31.0	814.3	\$ 141.69	5068.87	16%	38%	62%
31.0	788.5	\$ 137.19	5068.87	16%	40%	60%
30.0	624.9	\$ 108.74	4905.36	13%	45%	55%
31.0	839.4	\$ 146.05	5068.87	17%	31%	69%
30.0	833.6	\$ 145.04	4905.36	17%	28%	72%
31.0	889.0	\$ 154.69	5068.87	18%	26%	74%
	10183.0	\$ 1,771.85	59681.88	17%		

Representación de la generación respecto al costo de la energía, mensual, con la distribución de la generación de cada sistema y su porcentaje de aporte a la energía total generada.

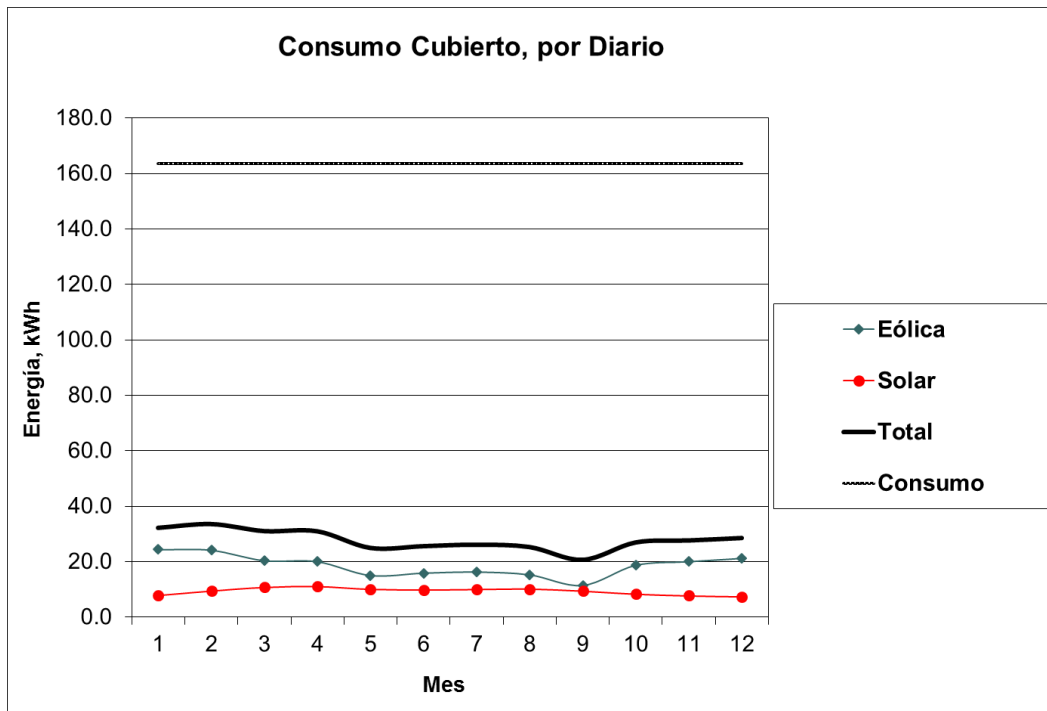


Figura 22 Distribución de la generación de los sistemas híbridos

Para determinar el perfil de carga en el sitio, se instaló equipo de medición de alta precisión (FLUKE-435-II) directamente en las barras del centro de carga.

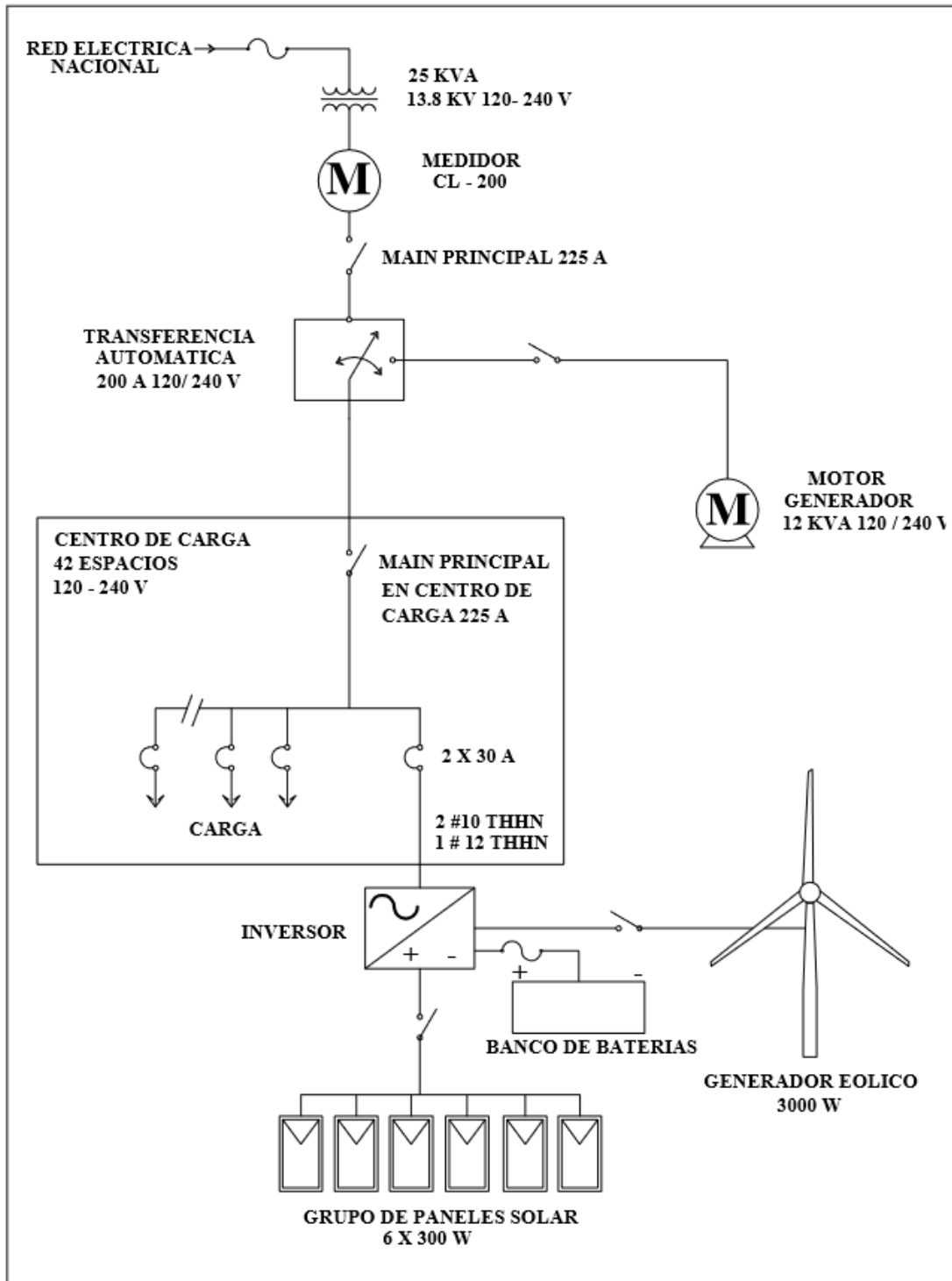


Figura 23 Diagrama Unifilar de conexión

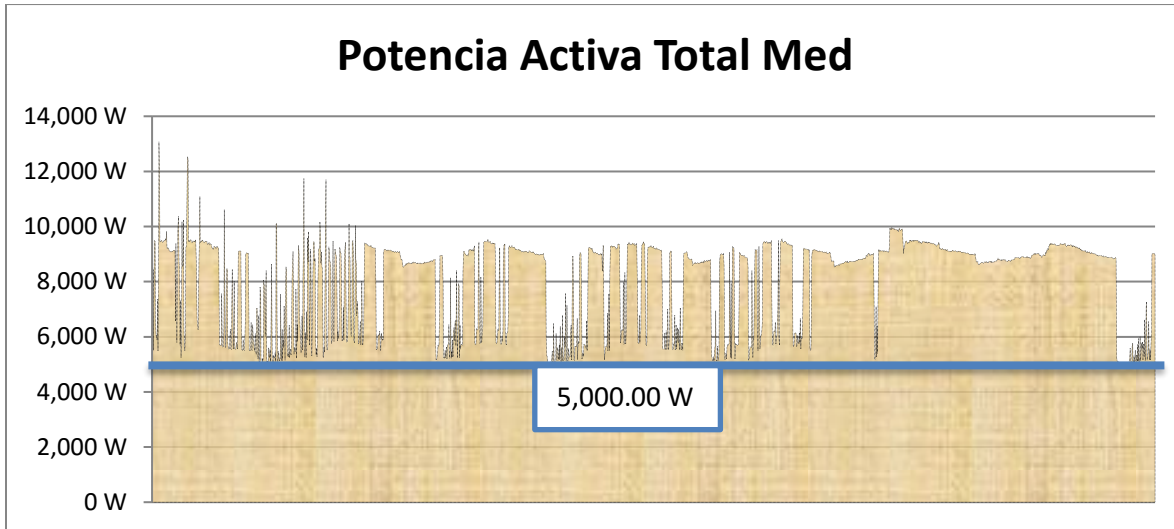


Figura 24 Distribución de la demanda en potencia de la celda

Como puede observarse, existe una franja del consumo que siempre se mantiene, de aquí se concluye que el valor óptimo de potencia a instalar deberá estar alrededor de los 4.0 KW a 5 kW, para este sitio en específico.

De los datos obtenidos con el equipo de medición, se observa que la energía total consumida en un periodo de 7 días es de 1,346.6 kW. Lo que concuerda con el dato histórico proporcionado por el cliente detallado en la figura 26

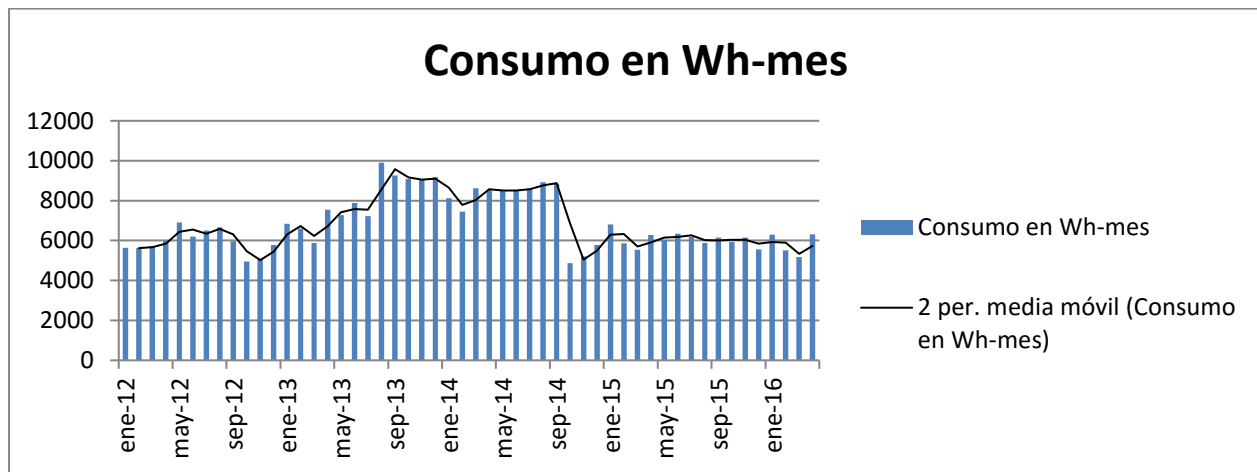


Figura 25 Consumo Histórico Sitio Burrera

4.5 CALCULO DE LAS VARIABLES FINANCIERAS

En las consideraciones generales para el planteamiento de la sensibilización del proyecto se plantean tres escenarios, en los cuales las variables son: generaciones energía, aumento del costo de KW, disminución de la energía y alza en los costos del proyecto.

Escenario I (Tendencial)

El presente escenario corresponde a las variables tendenciales del mercado, en las cuales la tasa de descuento es 10 %, el costo inicial de la inversión es de L. 220.531.60 con un periodo de vida útil de 15 años, la generación no se ve afectada y se considera el promedio con un factor de planta de 24.22 %.

Para el cálculo de las variables financieras se utilizó modelo financiero para el establecimiento de las principales variables financieras de un proyecto de inversión, los principales resultados obtenidos de la modelación son: la tasa interna de retorno del proyecto es de 12.929 %, con un retorno de la inversión de 6.3 años.

Resultado Operativo																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos Operativos																
Tarifa de Venta de Energía \$/KWh	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Volumen de Ventas	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184	10,184
Total Ingresos	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28	1,731.28
Gastos Operativos																
Operación	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento	150.00	150	150.00	154.50	159.14	163.91	168.83	173.89	179.11	184.48	190.02	195.72	201.59	207.64	213.86	213.86
Seguros	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicios Generales	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Social y Ambiental	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Gastos de Operación	150.00	150	150.00	154.50	159.14	163.91	168.83	173.89	179.11	184.48	190.02	195.72	201.59	207.64	213.86	213.86
Utilidad Bruta de Operación (EBITDA)	1,581.28	1,581.28	1,581.28	1,576.78	1,572.15	1,567.38	1,562.46	1,557.39	1,552.18	1,546.80	1,541.27	1,535.57	1,529.70	1,523.65	1,517.42	1,517.42
Depreciación y Amortización																
Depreciación Anual de Activos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amortización Anual de Gastos Cap.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costos Financieros																
Interés Deuda	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utilidad Antes de Impuestos (EBIT)	1,581.28	1,581.28	1,581.28	1,576.78	1,572.15	1,567.38	1,562.46	1,557.39	1,552.18	1,546.80	1,541.27	1,535.57	1,529.70	1,523.65	1,517.42	1,517.42
Impuestos	395.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	382.42	380.91	379.36	379.36
Utilidad Neta	-9,592.94	1,185.96	1,581.28	1,581.28	1,576.78	1,572.15	1,567.38	1,562.46	1,557.39	1,552.18	1,546.80	1,541.27	1,535.57	1,147.27	1,142.74	1,138.07
Flujo de caja Acumulado	-9,592.94	-8,406.98	-6,825.69	-5,244.41	-3,667.62	-2,095.47	-528.10	1,034.36	2,591.75	4,143.93	5,690.73	7,232.00	8,767.57	9,914.84	11,057.58	12,195.64

Figura 26 Estado de Resultados modelo financiero Escenario Tendencial

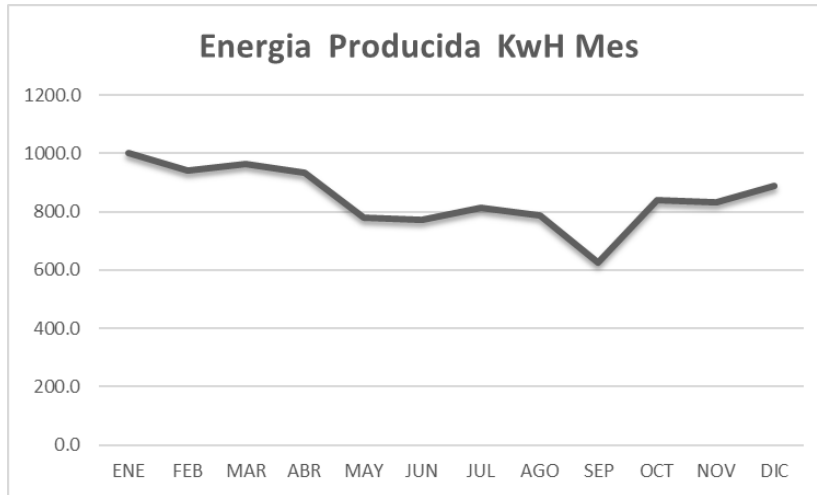


Figura 27 Distribución de la generación para el cálculo de la energía mensual

Los ingresos necesarios para le cálculos de la energía generada y las fluctuaciones de la misma se puede observar en la figura 27.

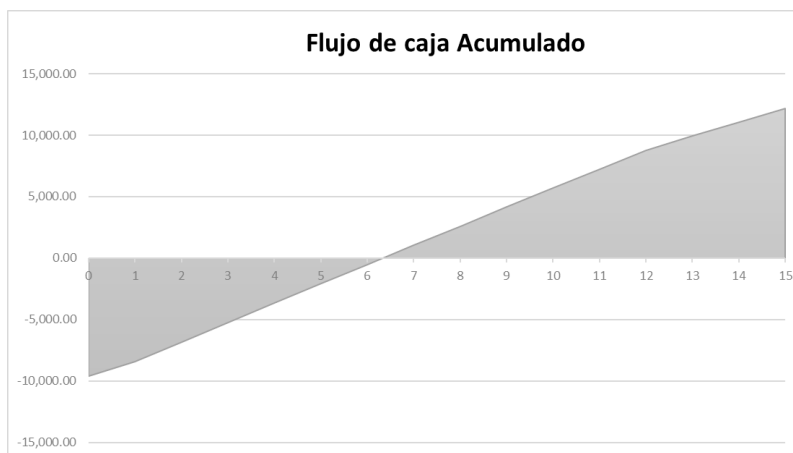
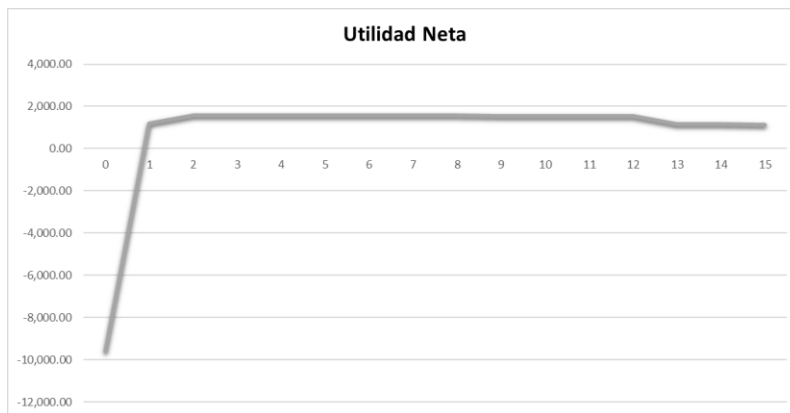


Figura 28 Resultados de variables financieras Escenario Tendencial

Los principales resultados y los parámetros iniciales se muestran en la figura, estos como parámetros de factibilidad del estudio realizado para el sistema híbrido del sitio Burrera.

Escenario II (Pesimista)

El presente escenario se plantea una reducción del factor de planta de 24.22 % a 21%, asumiendo reparaciones en los equipos y reducción en las características de viento y radiación solar, como variable adicional un aumento en los costos iniciales de la inversión es de L. 250,159.54 con un periodo de vida útil de 15 años.

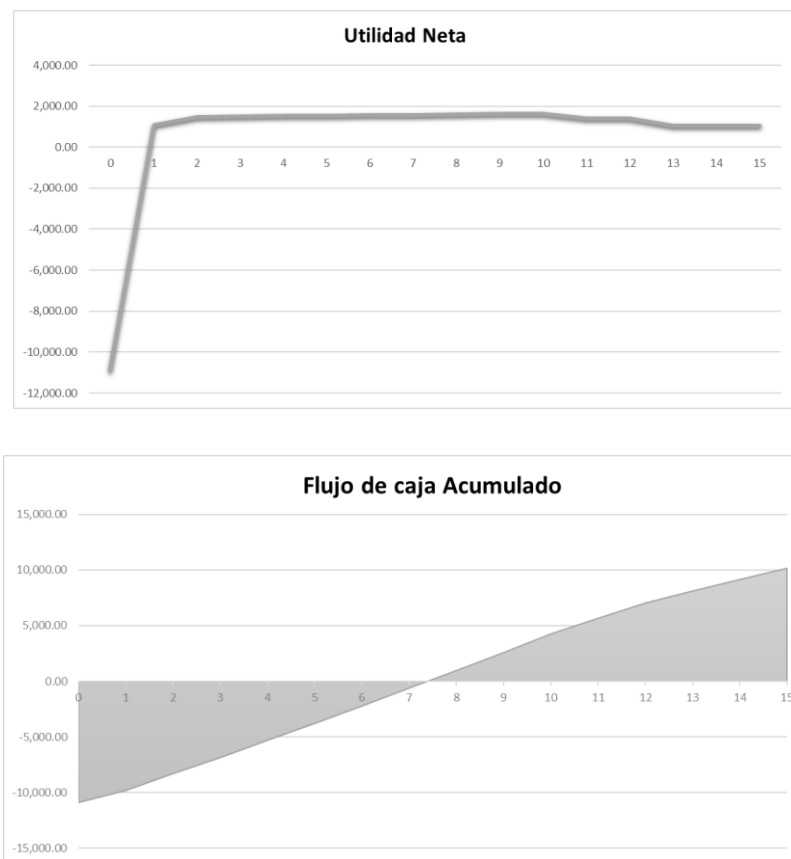


Figura 29 Resultados de variables financieras Escenario Pesimista

Los resultados obtenidos de la modelación son: la tasa interna de retorno del proyecto es de 9.947 %, con un retorno de la inversión de 7.5 años.

Escenario III (Optimista)

El presente escenario es una visión optimista con el incremento del precio del KWh gradual, adicional un incremento en el factor de planta de 24.22 % a 30%, el costo inicial de la inversión es de L. 220.531.60 con un periodo de vida útil de 15 años.

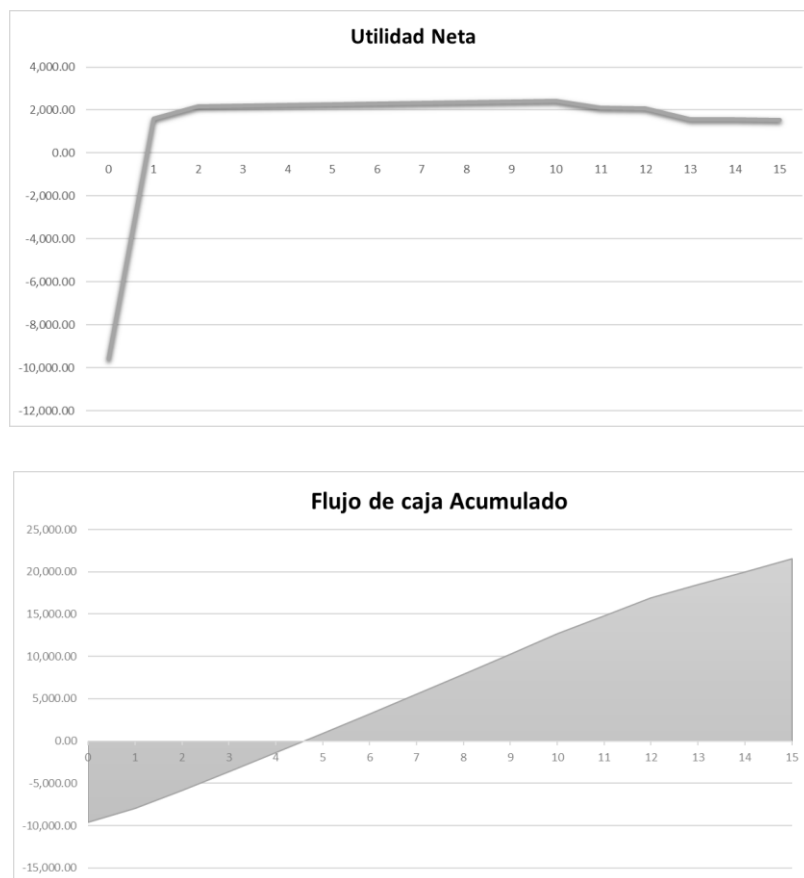


Figura 30 Resultados de variables financieras Escenario Optimista

Los resultados obtenidos de la modelación son: la tasa interna de retorno del proyecto es de 20.561%, con un retorno de la inversión de 4.5 años según se muestra en la figura 30.

Como podemos observar en la comparación de los escenarios planteados en resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 9 Cuadro resumen de escenarios de sensibilización e variables.

Escenario	TIR (%)	Inversión Inicial	Repago del Capital (Años)	VAN
I (Tendencial)	12.929	L. 220.531.60	6.3	+
II (Pesimista)	9.947	L. 250,159.54	7.5	-
III (Optimista)	20.561	L. 220.531.60	4.5	+

La tabla resume los resultados de los escenarios planteados, dando parámetros de la variabilidad del proyecto para el inversionista, en el caso del escenario tendencial muestra las condiciones actuales de mercado sin cambios, mientras que en el caso del optimo las condiciones ideales para el inversionista, en el caso del escenario pesimista tomando en consideración la tasa actual de descuento de 10% resulta un VAN negativa, al sensibilizar esta variable la tasa de descuento a 9.9% resulta una VAN positiva, por lo que el proyecto para el inversionista es viable aun en las condiciones pesimistas, con la salvedad del tiempo de repago del capital.

4.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE ESTUDIO

Después de la realización de los análisis numéricos de las variables de estudio, independientes: velocidad del viento, radiación solar, demanda de potencia, etc. Y las dependientes: generación de energía, ahorro energético y potencia instalada se llega a la conclusión que la hipótesis propuesta es verdadera ya que el potencial de los recursos renovables para la generación de energía puede cubrir al menos el 17% de la demanda del sitio la Burrera, superior al 15% propuesto en la hipótesis.

“Las implementaciones de energía renovable, tendrán como resultado la reducción de al menos un 15 % del consumo y facturación por concepto de energía eléctrica en las celdas de telefonía celular.”

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 1) Según la Hipótesis “Las implementaciones de energía renovable, tendrán como resultado la reducción de al menos un 15 % de la energía eléctrica demandada de la red, en las celdas de telefonía celular.” Los análisis realizados demuestran que a través de la implementación de un sistema híbrido solar y eólico es, factible generar un 17% de la demanda energética.
- 2) Al revisar los datos obtenidos por el analizador de energía , específicamente los de potencia consumida, se pueden ver valores que oscilan entre los 5 y los 13 KW, con una moda de 9 kW, la cual tiene una frecuencia de ocurrencia del 40% se podría pensar que la potencia a instalar en este sitio debería estar cerca del valor modal, sin embargo se observa que los valores por debajo de la moda tienen una ocurrencia arriba del 55% por lo que se estaría entregando energía a la red en la mayoría de los casos, basado en esta observación se concluye que la potencia no debería sobrepasar los 5.5 KW.
- 3) Según los análisis de carga realizados, la potencia máxima instalada en el sistema híbrido no debe de exceder los 5.5 kW, por lo que la distribución propuesta para el sistema híbrido según los escenarios analizados debe de ser una relación de 3 kW eólico y 1.8 kW solar, lo que representa un total de 4.8 kW instalados dentro del sistema, en esta relación se analizó principalmente cual es la factibilidad de la disponibilidad de recursos del sitio de estudio.
- 4) Los análisis financiero realizados basados en los escenarios críticos dan como resultados tasas interna de retorno de alrededor de 12.929 % con un repago estimado de la inversión de 6.3 años, mejorando la factibilidad al proyecto para la implementación en el sitio de estudio, las proyecciones en el sector energético tienden al alza de los costos de la energía tanto comercial como residencial estos permitiría mejorar la tasa de retorno pudiendo tener repago en menor tiempo de la inversión, esto a largo plazo facilitara la renta de este tipo de inserción energética en el mercado comercial y residencial.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Se deberían instalar equipos de medición de viento en las torres de telefonía, en áreas concedentes del mapa de recurso eólico, para tener mediciones precisas del recurso en nuevos sitios, facilitando la implementación de estas nuevas fuentes de energía en otras partes del país. La modelación de los vientos y el estudio de los mismos es fundamental para poder tener una interpretación del recurso, la data del mucho parte del país no tiene parámetros de calidad, por lo que se recomienda la medición en sitios de mayor interés y disponibilidad del recurso.

- 2) Para la realización de este tipo de estudio es necesario contar con equipo especializado, como analizadores de redes, estaciones para mediciones eólicas, cámaras térmicas, pero es fundamental el análisis dinámico de la estructura de la torre para determinar posibilidad del montaje de la estructura de paneles solares y aerogenerador eólico sobre la estructura de la torre para la determinación de esfuerzos y vibraciones, análisis de dinámica estructura para evitar que la estructura de la torre resonancia mecánica, ya que los sistemas de telefonía pueden ser afectados por vibraciones en su enlaces micro ondas generando des alineamiento, teniendo pérdidas significativas por encima de los 50 dB . Suponiendo que la instalación de estos sistemas en las torres podría generar un ahorro significativo en el montaje, así como mejorar la velocidad promedio del viendo, grado de exposición, ya que esta torre se extiende hasta alturas de los 45 metros sobre el nivel del suelo.

- 3) Considerando la cantidad de torres de telefonía celular a nivel nacional se recomienda estaciones meteorológicas, teniendo en consideración las áreas de mayor recurso eólico basado en el mapa de isoyetas de viento nacional para tener mediciones más precias de los sitios de estudio.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

6.1 INTRODUCCIÓN.

En esta sección tiene como propósito ofrecer un plan de medidas de ahorro energético enfocado a poner en práctica la idea investigada, se presentan costos, tiempos, materiales y las consideraciones que se deben tomar en cuenta a la hora de reproducir esta idea.

Se pretende con esta investigación, ofrecer a los operadores de telefonía celular de Honduras una idea del comportamiento en tiempo real de las carga instaladas, a través del estudio de una celda específica; claro está, cada una de las celdas tiene sus propias características de recursos solar y eólico, así como el comportamiento de carga; es potestad del desarrollador de próximos estudios realizar las consideraciones pertinentes; también se muestran los equipos sugeridos, sus dimensiones físicas y características de operación, teniendo final mente el análisis financiero con parámetros como TIR y VAN para que se tenga una idea clara de las inversiones iníciale, se resumen los principales hallazgos encontrados en los análisis y la funciones de poder aplicar la propuesta de solución y las bases para la implementación del proyecto. Esta capítulo representa el resumen de la propuesta del análisis de factibilidad de las soluciones de integración de energías renovables como la eólica y solar en el sitio la Burrera.

6.2 PROJECT CHARTER

EL PROJECT CHÁRTER representa un resumen general en el que se toma en consideración las fortalezas y los requerimientos técnicos del proyecto.

NOMBRE DEL PROYECTO		SIGLAS DEL PROYECTO
Inserción de energía eléctrica con fuentes renovables, para una celda de telefonía celular en Tegucigalpa		INRENO
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: ¿Que, quién, cómo, cuando y donde?		
El Proyecto consiste en la realización de un estudio técnico y financiero al introducir en la matriz de generación de una celda de telefonía celular, un componente que hasta ahora no se ha visto en el mercado local, se trata de insertar generación a base de un aerogenerador y un arreglo de paneles solares, todo esto conectado a la red de energía nacional		
DEFINICIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO: <i>Descripción del producto, servicios o capacidad a</i>		
El proyecto consistirá en realizar los siguiente estudios:		
Estudio Técnico: El estudio comprenderá , un análisis de los recursos renovables disponibles en las zona de estudio, de igual forma se considerara el patrón de consumo de la celda de telefonía para poder determinar la potencia adecuada a instalar		
Estudio Financiero: una vez identificados los potenciales y la demanda, se procederá con el análisis de costos, inversión, y el retorno de esta		
DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO: <i>Definición de requerimientos funcionales, no funcionales, calidad, etc., del proyecto</i>		
El Sponsor:	Deberá contar con acceso a bases de datos meteorológicas confiables, así como los equipos que le permitan llevar a cabo estudios a profundidad	
El Cliente	1) El cliente deberá facilitar la información histórica de consumo, así como el acceso al sitio físico en donde se llevaran a cabo los estudios	

OBJETIVOS DEL PROYECTO: *Metas hacia las cuales se debe de dirigir el trabajo del proyecto en términos de la triple restricción.*

CONCEPTO	OBJETIVOS	CRITERIO DE ÉXITO
1. Alcance	Realizar estudio técnico y financiero para la inserción de energía renovable en una celda de telefonía celular ubicada en el distrito central de honduras	Poder determinar los valores de las variables dependientes: Generación de energía, Demanda y potencia que se deberá instalar para obtener final mente el ahorro proyectado
2. Tiempo	Realizar el estudio en el tiempo que dura la tesis	Concluir con el proyecto en un plazo no mayor de 90 días
3. Costo	Cumplir con el presupuesto estimado del proyecto	No exceder el presupuesto del proyecto

FINALIDAD DEL PROYECTO: *Fin último, propósito general, u objetivos de nivel superior por el cual se ejecutará el proyecto, enlaces con programas, portafolios, o estrategias de la organización*

Proporcionar toda la información necesaria a nivel técnico y financiera para la viabilidad del proyecto con el fin de tomar la decisión referente a la implementación de la solución propuesta

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: *Motivos, razones o argumentos que justifican la ejecución del proyecto*

JUSTIFICACIÓN CUALITATIVA	JUSTIFICACIÓN CUANTITATIVA
Oportunidad de negocio	Suplir un 20 % de la demanda total de la celda
Rentabilidad proyectada	VAN y TIR
Determinar la inversión	Presupuesto de la solución planteada

DESIGNACIÓN DEL PROJECT MANAGER

		NIVELES DE AUTORIDAD
Nombre:	Roberto Zapata	Exigir el cumplimiento de todos los entregables con sus respectivos lineamientos de calidad establecidos en el manual de tesis 2016 de UNITEC
Reporta a:	Jorge Tejada	
Supervisa a:		

CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO.	
HITO O EVENTO SIGNIFICATIVO	FECHA PROGRAMADA
Etapa inicial de ante proyecto	31/3/16
Diagnostico de consumo	8/4/2016
Análisis del recurso renovable	18/4/2016
Identificación de sistema hibrido	12/5/2016
Estudio técnico y financiero para la aplicación de soluciones	7/7/2016
Defensa de tesis	8/7/2016
ORGANIZACIONES O GRUPOS ORGANIZACIONALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO	
ORGANIZACION O GRUPO ORGANIZACIONAL	ROLL QUE DESEMPEÑA
Roberto Zapata	Estudio energético
Jorge Tejeda	Estudio de recursos
Rolando Castillo	Asesor temático
Wendy Chávez	Asesor académico
Propietario de celda telefónica	Facilitar ingresos al sitio e información pertinente
PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO (<i>Riesgos negativos</i>)	
Vandalismo	
Desinterés por parte de la alta gerencia	
Los estudios presentados no cumplan con los resultados esperados del cliente	
Factores climáticos adversos	
PRINCIPALES OPORTUNIDADES DEL PROYECTO (<i>Riesgos positivos</i>)	
Responsabilidad ambiental	
Replicación del proyecto a otras celdas	
Reducción de costos en la factura por concepto de energía, a mediano y largo plazo	
Proyecto piloto a nivel nacional	
PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO	
CONCEPTO	MONTO
Estudio del recurso	L 4,000.00
Estudio del comportamiento de carga	L 14,000.00
Cotización de equipos	L 1,800.00
TOTAL	L 19,800.00

6.3 DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO DEL CLIENTE

Los análisis realizados para la demanda de energía en los equipos de telecomunicaciones para el sitio de estudio, arrojan resultados de la necesidad de solventar la demanda energética del consumo. La descripción de la fluctuación de la demanda se puede observar en la gráfica siguiente:

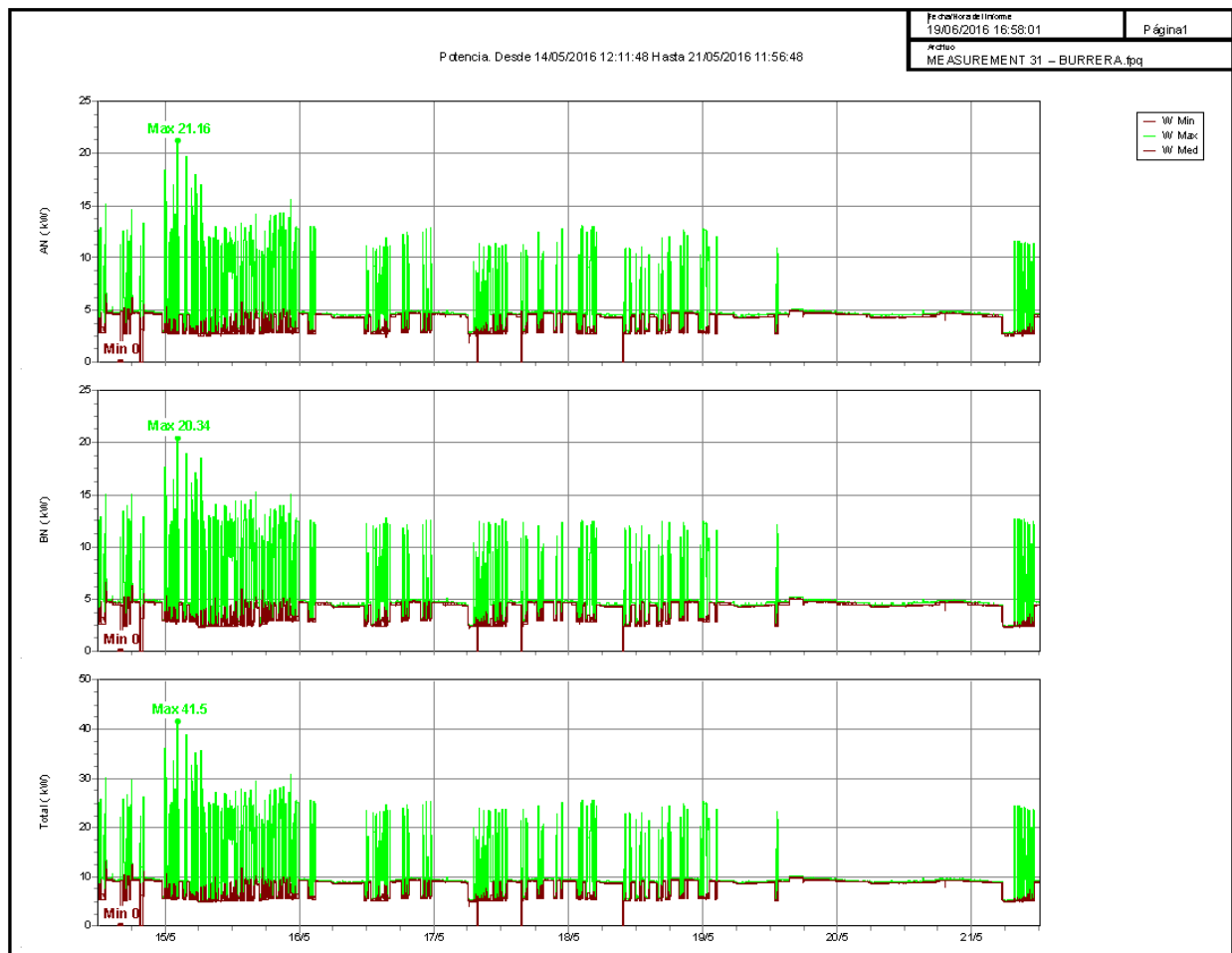


Figura 31 Gráfico de Potencia Activa

Podemos observar la demanda de energía necesaria para la operación del sistema del sitio Burrera, la necesidad de poder tener fuentes alternas para la generación de energía en base a los recursos, el estudio muestra la aplicación de sistemas híbridos como una de las mejores opciones para reducir la dependencia de la energía, y producción del auto consumo del sitio, solventando un porcentaje de 17% de la demanda total promedio.

Una de las necesidades es la reducción de la dependencia de la energía de la red eléctrica nacional, si bien los sitios cuentan con generación alterna por medio de generadores diésel instalados, es clara la necesidad de poder tener ahorros considerables en la facturación por concepto de la energía eléctrica.

6.4 DETALLE DE LA SOLUCIÓN

Se propone una solución de auto generación por medio de sistema híbrido de Eólica - Solar para generar el 17% de la demanda general del sitio de telefonía, esto con el aprovechamiento del recurso y la modelación de la mejor combinación de las fuentes de energía alterna, con la finalidad de la reducción de los costos por concepto de consumo de energía.

El sistema híbrido eólico – solar es una de las opciones más aplicada ya que la debilidad de uno de los recursos es solventada por el otro, si bien la característica del viento en la zona de estudio se puede denotar que existe una gran probabilidad e horas de la noche en las cuales el sistema solar es claramente no funcional, esto permite una mejor correlación de las energías y tener una fluctuación baja de la demanda a solventar.



Figura 32 Esquema conceptual del grupo de generación híbrido eólico – solar

Fuente: Proteger S.A

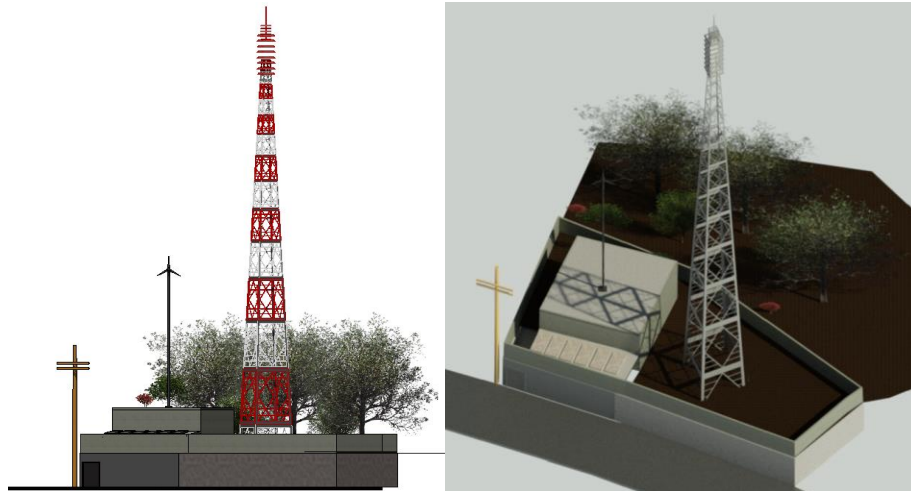


Figura 33 Vista sur del predio Burrera, instalación de paneles y generador eólico.

Beneficios de la solución:

- Reducción de costos por concepto de consumo de energía
- Reducción de dependencia de combustibles fósiles y por reducción de las fluctuaciones en el precio de la energía eléctrica
- Inserción de nuevas fuentes de energía renovables amigables con el ambiente, mejorando el reconocimiento ella empresa y reduciendo la huella de carbono.
- Modelo de fácil aplicabilidad para nuevos sitios.
- Mejoras del márketing por concepto de reducción de impacto ambiental y conciencia de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Posibilidad de documentar esta experiencia piloto para implementación en nuevas áreas de interés a nivel nacional.

6.4.1 EQUIPAMIENTO:

Para la implementación del proyecto es necesario contar con tecnología de punta, el detalle de la selección de los equipos se basa en la aplicación del software necesario para la modelación del recurso renovable, así como la factibilidad económica, para este estudio fue necesaria la aplicación de los siguientes programas de diseño:

Excel (Hoja de cálculo de Recurso, para aproximación)

Modelo de implementación para la medición del recurso eólico y solar, detallando la posibilidad de energía generada.

Análisis variables financieras para la implementación de las soluciones propuestas.

Análisis de diferentes escenarios para la implementación del sistema híbrido.

ArcMap (Sistema de Información geográfico)

Establecimiento del recurso e interpretación orografía y geomorfológica del sitio de estudio.

Revit (Modelador de Arquitectura)

Modelación de las soluciones estructurales y arquitectónicas

Power Log (Sistema de analizador de redes)

Modelación del comportamiento de la carga y caracterización de la demanda.

La implementación de estos softwares permitió la selección cuidadosa de los equipos y las soluciones, por medio de evaluación de escenarios con la finalidad de establecer el arreglo óptimo y la solución más adecuada en base a la disponibilidad del recurso y la necesidad de la carga instalada.

Resultados de los equipos necesarios para la implementación del sistema híbrido eólico - Solar sitio Burrera.

Tabla 10 Distribución mensual de la energía generada

Eólica Energía Diaria Salida, kWh	Fotovoltaica Energía Diaria Salida, kWh	Total Energía Diaria Salida, kWh	Consumo Medio Diario	Consumo Cubierto %
24.4	7.9	32.3	163.51	20%
24.2	9.5	33.7	163.51	21%
20.4	10.7	31.2	163.51	19%
20.0	11.1	31.1	163.51	19%
15.0	10.1	25.1	163.51	15%
15.9	9.9	25.7	163.51	16%
16.3	10.0	26.3	163.51	16%
15.3	10.2	25.4	163.51	16%
11.4	9.4	20.8	163.51	13%
18.7	8.4	27.1	163.51	17%
20.0	7.8	27.8	163.51	17%
21.2	7.4	28.7	163.51	18%
18.6	9.4	27.9	163.51	17%

Equipo propuesto para la implementación de la solución:

A continuación, se presentan los equipos fundamentales para la implementación de la solución propuesta.

Generador eólico:

Para la generación del sistema eólica se propone una turbina de 3 KW, marca ReDriven, con características técnicas:

Tabla 11 Características generales del Aerogenerador

Proveedor	ReDriven
Potencia	3000 w
Voltaje de salida	240 v, 60 Hz
Velocidad de Arranque	2 m/s

Velocidad de Corte	18 m/s
Velocidad máxima de soporte	40 m/s
Velocidad Nominal	10 m/s
Tipo de material	Fibra de vidrio reforzado
Tipo de torre	Tubular troncada
Sistema de orientación	Automático
Tipo de Rotor	Tri Pala
Costos Estimado	\$ 3,500.00

Fuente: ReDriven Power Inc.

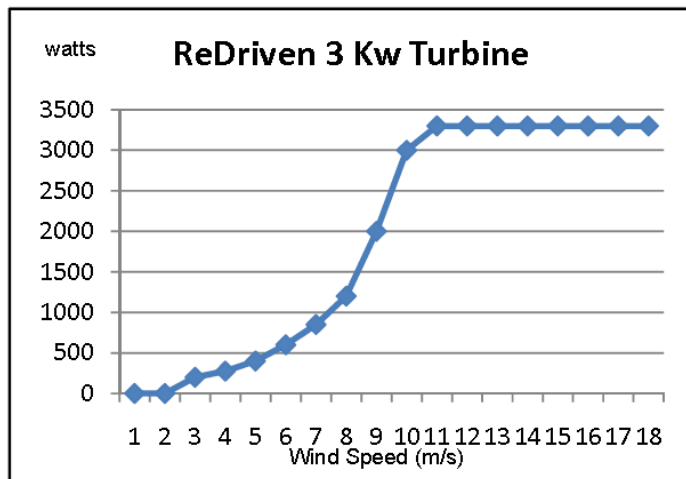


Figura 34 Imagen de Aerogenerador Tri Pala y Curva de potencia

Fuente: ReDriven Power Inc.

Las características de este tipo de aerogenerador es la que más se acoplan al punto de estudio con velocidades de iniciales de arranque de 2 m/s y nominales de 20 m/s, comparado con los promedios del sitio de estudio.

Sistema fotovoltaico:

Para la captación de la radiación y conversión en energía fotovoltaica, se propone un arreglo de 6 paneles de 300 W poli cristalinos formando una potencia máxima de 1,800 W, los paneles de instalarán directamente sobre la losa de techo, ya que cuenta con las características estructurales necesarias como ser: una pendiente de 9 grados, según los análisis las condiciones ideales para

nuestra región andan sobre los 15 grados, de esta forma no será necesario hacer inversión alguna para la orientación e inclinación de los paneles solares, además que la orientación es muy aproximada al sur, con una desviación de 5° lo cual es muy favorable, las características propuestas de los paneles son las siguientes:

Tabla 12 Características generales de Paneles solares

Tipo de Modulo	RM-30024 M
Potencia Máxima (Pmax)	300 w
Tensión en Pmax (Vmp)	36.7 v
Intensidad en Pmax (Imp)	8.17 A
Tensión a circuito Abierto	46.3 V
Intensidad de cortocircuito	8.77 A
Tensión Máxima del Sistema	600 V
Dimensión	1954×992×45mm
Costo estimado (C/U)	\$ 410.00

Fuente: Remón Industrial



Figura 35 Imagen de Panel solar Poli cristalino 300 w, Medición de ángulo de Losa para montaje de panes

Fuente: Remón Industrial

Inversor para sistema Híbrido:

Para el control y la conversión de las fuentes de energía DC a AC se propone la utilización del inversor marca Solís, con potencia máxima de 5 KW, con las siguientes características:

Tabla 13 Características generales de Inversor Híbrido

Tipo de Modulo	Solis 5k 2G US H
Potencia Máxima	5000 W
Máximo Voltaje	600 V
Voltaje inicial	120 V
Salida Nominal	5000 W
Factor de Potencia	0.90
Eficiencia en Pico	97.8 %

Fuente: Solís



Figura 36 Imagen de Inversor Solís 5k 2G US H

Fuente: Remón Industrial

6.4.2 ALCANCES DEL PROYECTO

A continuación, se define los alcances del proyecto de implementación de un sistema híbrido Eólico - Solar para autoconsumo en torres de telefonía celular, sito la Burrera, departamento de Francisco Morazán, Distrito central, Ciudad de Tegucigalpa.

1. Se proporcionará un estudio técnico del análisis de recurso para el sitio propuesto
2. Se realizará un levantamiento de infraestructura eléctrica y civil para la determinación de las condiciones para la instalación del sistema híbrido

3. Se realiza un análisis financiero para la solución optima
4. se verificará las características técnicas de los equipos propuesto para la implementación del sistema hibrido eólico – solar
5. Se facilitará un modelo de aplicación para implementación de este estudio en otros con características similares.

6.4.3 ENTREGABLES

Se entregará un plano de ubicación con las características civiles y eléctricas del sitio de estudio.

Se realizará y entrega un cronograma de actividades

Planos para la instalación del sistema hibrido eólico Solar, que incluyan:

Plano de ubicación general

Estructura de Soporte Paneles Solares

Análisis de sombras del sitio

Plano general de conjunto el cual incluya las ubicaciones optimas de los sistemas de generación.

Diagrama Unifilar de la conexión del sistema propuesto

Presupuesto de actividades para la implementación del sistema hibrido.

Informe final que incluya la evaluación de recurso, cantidad de energía generada por cada sistema, diagramas finales de instalación, etc.

6.5 ANOTACIONES ESPECIALES

Cualquier componente de hardware, software o servicio que no se detalle en la presente oferta, por omisión no está incluido y será cotizado por separado.

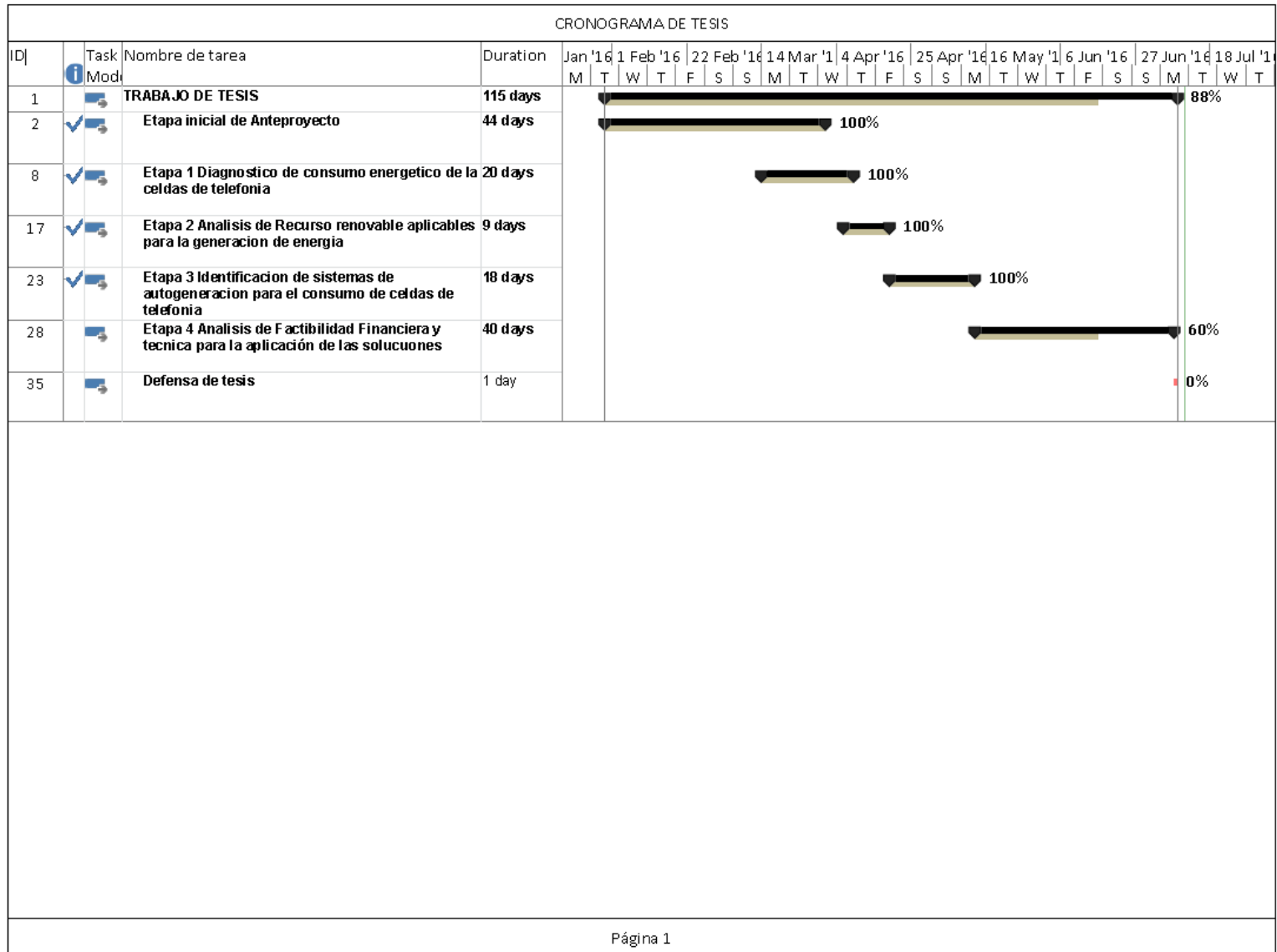
6.6 PRESUPUESTO

Tabla 14 Presupuesto de Sistema Híbrido sitio Burrera

PRESUPUESTO SISTEMA HIBRIDO				
Detalles	Unidad	Cantidad	Precio L.	Total L.
Equipos				
Aerogenerador Redriver 3 KW	Unidad	1	L 63,160.35	L 63,160.35
Paneles Solares Gintech 300 W	Modulo	6	L 9,416.63	L 56,499.80
Inversor Híbrido marca Ginglong 5K - 2 G	Unidad	1	L 60,678.49	L 60,678.49
Cableado	Global	1	L 9,186.96	L 9,186.96
Estructura				
Estructura de Soporte Paneles, Generador Eólico	Global	1	L 11,254.03	L 11,254.03
Mano de Obra				
Mano de Obra	Global	1	L 10,335.33	L 10,335.33
Adicionales				
Imprevistos	Global	1	L 4,593.48	L 4,593.48
Transporte	Global	1	L 4,823.15	L 4,823.15
			TOTAL	L220,531.60

Se detalla los costos por cada una de las actividades, esta estimación de costos fue realizada para el escenario tendencial para el cálculo de las variables financiera.

6.7 CRONOGRAMA



6.8 GESTIÓN DEL PLAN DE RIESGOS

La implementación de energía renovable con fuentes renovables en celdas de telefonía celular, representa una inversión significativa por parte de la empresa propietaria, por lo que es necesario hacer una evaluación de riesgos a los que se podrían enfrentar antes y durante la ejecución, así como en el periodo de operación y mantenimiento; se aplica el método de MOSLER para cada uno de los riesgos de esta forma se puede estimar, el impacto y la categoría del riesgo para llegar final mente a la categorización y el plan de respuesta para disminuir cada uno de ellos.

6.8.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

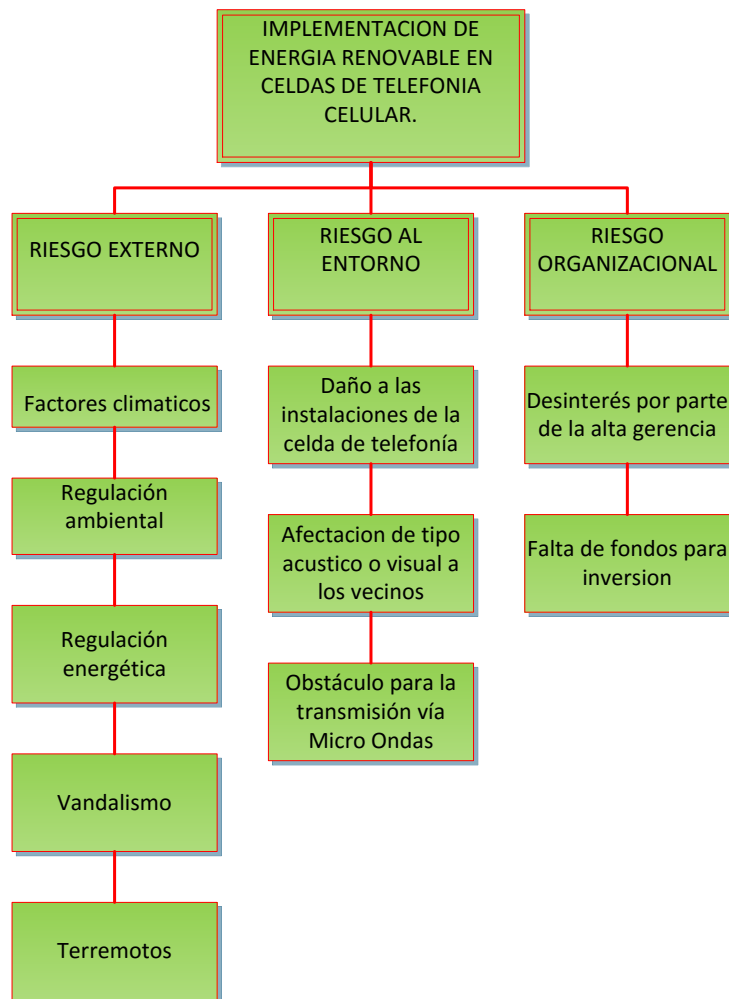


Figura 37 Identificación de Riesgos

6.8.2 FICHAS DE RIESGOS

Tabla 15 Fichas de Riesgos

RIESGO	Factores climáticos
LOCALIZACIÓN	Entorno físico del proyecto
BIEN	Generación de energía
DAÑO	El exceso o falta de viento, así como la ausencia de sol por fenómenos atmosféricos
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	La generación de energía podría verse afectada por la falta de viento o por el exceso, en este caso el Aero generador tendría que frenarse para evitar embalamiento, de la misma forma las celdas solares reducirían su generación proyectada en presencia de fenómenos que obstaculicen la visibilidad solar
RIESGO	Regulación ambiental
LOCALIZACIÓN	Dependencias de regulación ambiental (MIAMBIENTE)
BIEN	Generación de energía
DAÑO	Desconexión del sistema de autogeneración
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Existe la posibilidad de que en algún momento por regulaciones ambientales se tenga que desconectar el proyecto
RIESGO	Regulación energética
LOCALIZACIÓN	(CREE)
BIEN	Generación de energía
DAÑO	Desconexión del sistema de autogeneración
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Si la generación para autoconsumo crece desmedida mente o presenta un comportamiento nocivo para la red eléctrica, podría crearse leyes que obligue al propietario a desconectar los equipos en forma parcial o total
RIESGO	Vandalismo
LOCALIZACIÓN	Personas externas
BIEN	Equipos
DAÑO	Robo parcial o total del equipo

EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	La Zona podría ser un poco conflictiva y los antisociales podrían ingresar al sitio para sustraer los paneles solares y elementos que contengan cobre
RIESGO	Terremotos
LOCALIZACIÓN	Ubicación geográfica del proyecto
BIEN	Equipos
DAÑO	Derrumbe de la losa en donde se ubica el aerogenerador
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	En caso de terremoto de magnitud muy alta, la losa en donde se instalará el aerogenerador podría ceder lo cual haría que el sistema colapse
RIESGO	Daño a las instalaciones de la celda de telefonía
LOCALIZACIÓN	Dentro de la Celda de telefonía
BIEN	Equipos
DAÑO	Abolladuras y cortes
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Si el Aero generador por alguna causa llegara a derrumbarse junto con su estructura de soporte, podría caer sobre los cables coaxiales o de fibra óptica que conectan los equipos de transmisión
RIESGO	Afectación de tipo acústico o visual a los vecinos
LOCALIZACIÓN	Entorno de la celda
BIEN	Personas del vecindario
DAÑO	Afectación por el ruido o reflejo de paneles solares
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Si la turbina que se seleccione presenta niveles de ruido muy elevados o los paneles solares en algún momento del día producen reflejo sobre las casas circundantes, esto podría molestar a los vecinos al punto de llevarlos a una protesta
RIESGO	Obstáculo para la transmisión vía micro ondas
LOCALIZACIÓN	Entorno de la celda y celdas vecinas
BIEN	Comunicación entre celdas
DAÑO	Obstaculización de línea vista para enlaces de MW
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Si en determinado momento se requiere la instalación de un enlace para comunicar a una celda que se encuentra justo en la dirección del Aero generador, podría obstaculizar la línea imposibilitando así la comunicación

RIESGO	Desinterés por parte de la alta gerencia
LOCALIZACIÓN	Accionistas de la empresa
BIEN	Proyecto de generación
DAÑO	La no ejecución del proyecto
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Si la alta gerencia considera el proyecto muy caro o poco atractivo para la inversión. Podría decidir no seguir adelante y dejar el proyecto desierto
RIESGO	Falta de fondos para inversión
LOCALIZACIÓN	Departamento contable de la empresa
BIEN	Proyecto de generación
DAÑO	Posponer la ejecución del proyecto o hacer una ejecución parcial
EXPRESIÓN FORMAL DEL RIESGO	Es posible que la empresa decida no ejecutar el proyecto inmediatamente o ejecutarlo de forma parcial por no disponer de los fondos necesarios para tal fin

6.8.3 ANÁLISIS DE RIESGOS

Matriz de identificación de riesgos

Tabla 16 Matriz de Identificación de Riesgos

Probabilidad

CRITERIO	Valor
Muy Probable	5
Bastante Probable	4
Probable	3
Poco Probable	2
Improbable	1

Impacto

CRITERIO	Valor
Muy Alto	5
Alto	4
Moderado	3
Bajo	2
Muy Bajo	1

Tabla 17 Matriz de Identificación de Riesgos

Riesgo	MAGNITUD				PROBABILIDAD		EVALUACIÓN					
	FUNCIÓN "F"	SUSTITUCIÓN "S"	PROFUNDIDAD "P"	EXTENSIÓN "E"	AGRESIÓN "A"	VULNERABILIDAD "V"	IMPORTANCIA DEL SUCESO (I)	DAÑOS CAUSADOS (D)	CARÁCTER DEL RIESGO "C"	PROBABILIDAD "P"	CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO (ER)	CLASIFICACIÓN
Factores climáticos	3	4	1	1	2	4	12	1	13	8	104	MUY BAJO
Regulación ambiental	2	3	3	2	1	4	6	6	12	4	48	MUY BAJO
Regulación energética	4	4	3	2	3	5	16	6	22	15	330	PEQUEÑO
Vandalismo	4	4	1	1	4	5	16	1	17	20	340	PEQUEÑO
Terremotos	4	4	2	1	2	4	16	2	18	8	144	MUY BAJO
Daño a las instalaciones de la celda de telefonía	4	4	4	3	2	4	16	12	28	8	224	MUY BAJO
Afectación de tipo acústico o visual a los vecinos	2	3	5	3	1	2	6	15	21	2	42	MUY BAJO
Obstáculo para la transmisión vía micro ondas	4	2	2	3	2	4	8	6	14	8	112	MUY BAJO
Desinterés por parte de la alta gerencia	5	5	2	1	4	5	25	2	27	20	540	NORMAL
Falta de fondos para inversión	2	3	2	1	2	3	6	2	8	6	48	MUY BAJO

Plan de respuesta ante los riesgos

Tabla 18 Matriz de Identificación de Riesgos

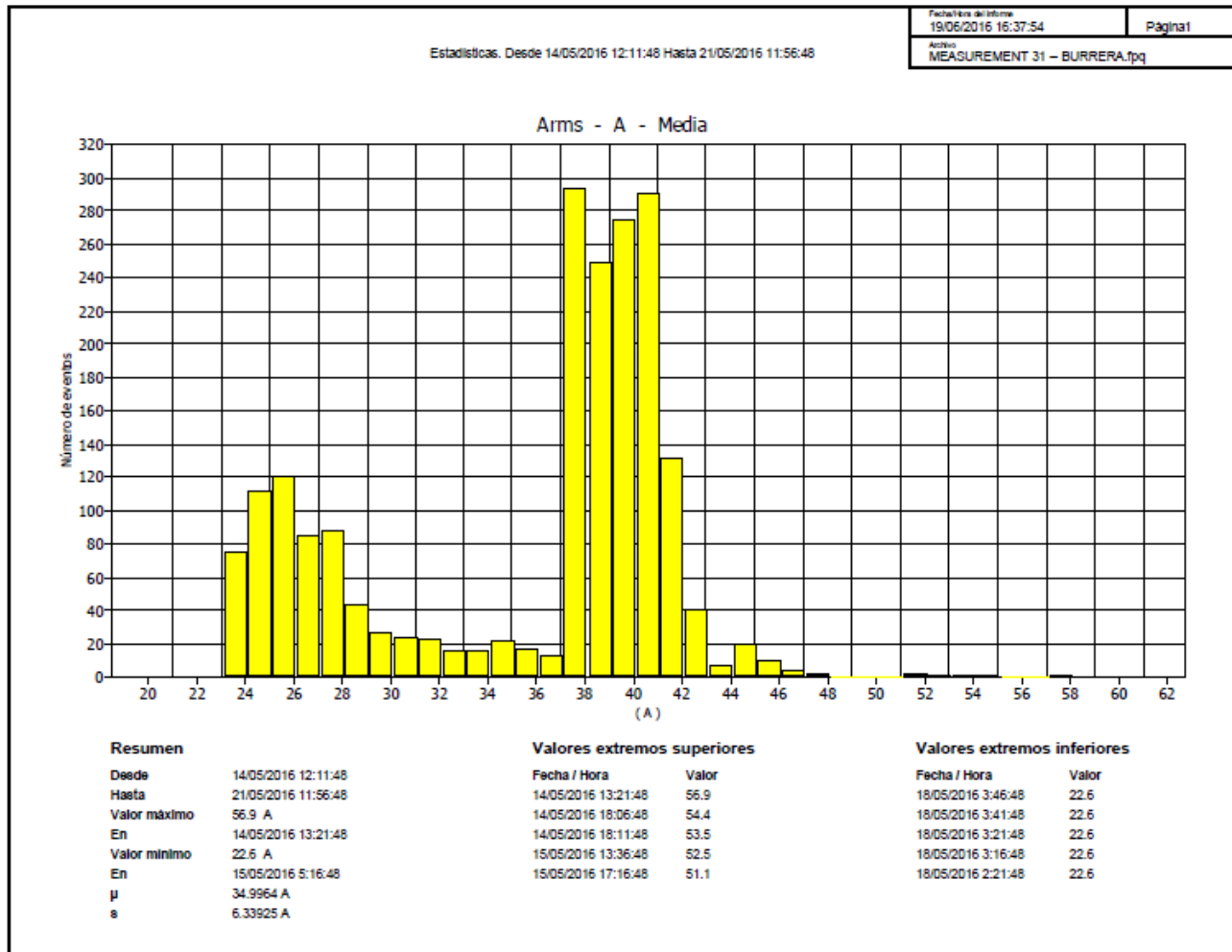
RIESGO	PLAN DE RESPUESTA
Factores climáticos	Este riesgo es muy bajo, en caso de presentarse no debe hacerse nada al respecto
Regulación ambiental	aunque este riesgo es muy bajo, se puede mitigar acatando las medidas ambientales
Regulación energética	Este riesgo se debe tener en cuenta, sin embargo, de presentarse, se puede tratar de adecuar el sistema para que genere aisladamente
Vandalismo	En el caso de robo total o parcial, debe precederse de inmediato con la compra de los equipos y reforzar las medidas de seguridad
Terremotos	Se debe instalar arriostres en la base del Aero generador para evitar que este caiga en caso de terremoto muy fuerte
Daño a las instalaciones de la celda de telefonía	La instalación de arriostres a la estructura podría disminuir el riesgo, sin embargo, podrían instalarse barreras protectoras en los cables para que absorban el impacto
Afectación de tipo acústico o visual a los vecinos	Este riesgo es muy bajo debido a la inclinación de los paneles y la altura del sitio, en el caso de presentarse el proyecto si podría estar en serios problemas ya que reubicar resultaría muy costoso
Obstáculo para la transmisión vía micro ondas	Si se presentara esta condición, podría tratar de cambiar la altura de las antenas
Desinterés por parte de la alta gerencia	Si este caso se presenta el proyecto podría ser replanteado
Falta de fondos para inversión	Podría construirse de forma parcial o buscar fuente de financiamiento externo

BIBLIOGRAFÍA

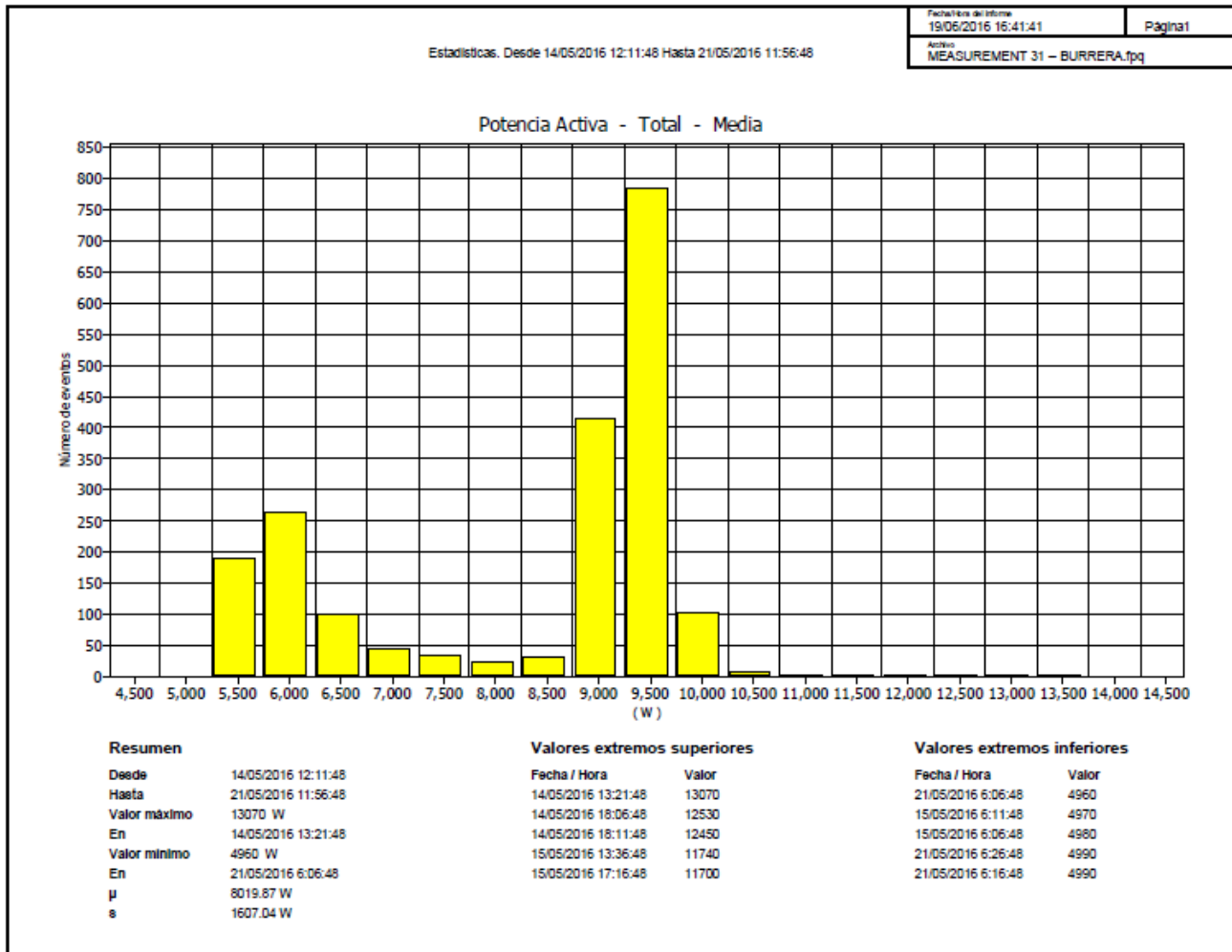
- CONATEL. (2016). *DESEMPEÑO DEL SECTOR TELECOMUNICACIONES EN HONDURAS*. Comayagua.
- F. Coviello, M. (Octubre de 2003). Entorno internacional y oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe. *Serie recursos Naturales e Infraestructura*.
- Fernandez Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). Mexico: McGraw Hill.
- Flores Castro, W. C. (2014). *MEJORANDO EL ACCESO A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS HONDURAS*. Tegucigalpa.
- González, J. A. (2009). *Centrales de energías renovables Generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- La Gaceta. (s.f.). *Diario Oficial La Gaceta*.
- La Gaceta. (1995). Resolución NR003/15. *Diario oficial de la Republica de Honduras*.
- La Gaceta. (02 de Octubre de 2007). Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos de energía renovables. *Diario Oficial la Gaceta*.
- La Gaceta. (20 de Mayo de 2014). Ley General de la industria eléctrica (Decreto 404-2013). *Diario oficial de la Republica de Honduras*.
- Observatorio de Energía Renovable Para América Latina y El Caribe . (2010). *Programa de capacitación en energías Renovables, Observatorio de energía Renovable para América Latina y Caribe ONUDI*. Obtenido de ONUDI:
<http://www.renenergyobservatory.org/es/programa-de-capacitacion/modulo-mini-eolica.html>
- Odete Espino and Héctor Poveda, P. (2015). Reduciendo el consumo de energía en una red de telefonía celular. *13th LACCEI Annual International Conference*: , 1.
- Ossenbach Sauter, M., Guillén Grillo, S., & Coto Chinchilla, O. (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos de energía en Honduras* . Tegucigalpa.
- Tábora, M. R. (2007). Competencia y regulación en las telecomunicaciones: el caso de Honduras. *Serie Estudios y Perspectivas*, 78.

ANEXOS

Grafica de frecuencia de amperaje en los equipos sitio Burrera



Grafica de frecuencia de Potencia activa en los equipos sitio Burrera



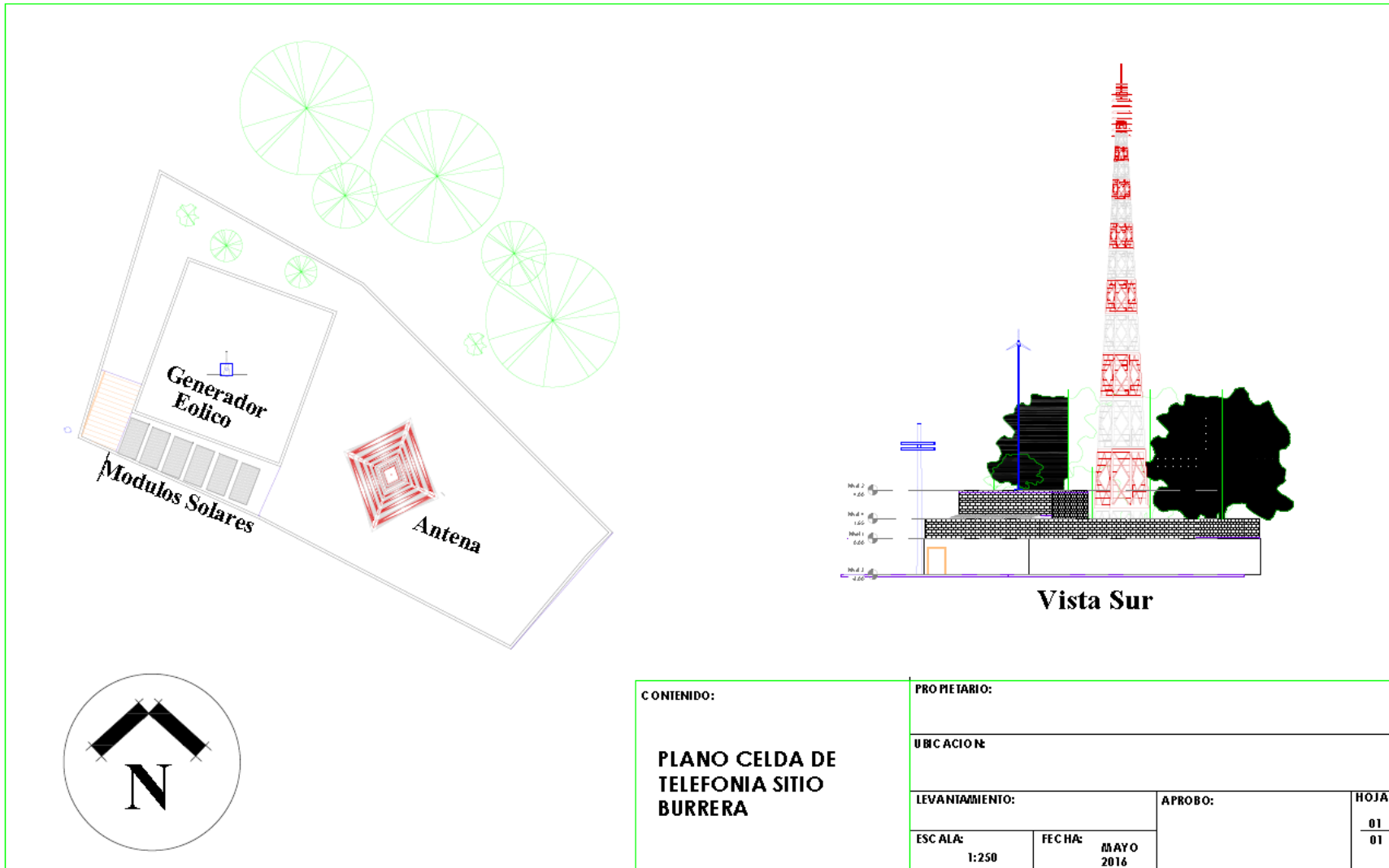
Cuadro resumen información sitio Burrera

Archivo MEASUREMENT 31 - BURRERA.fpq		FechaHora de inicio 19/06/2016 16:50:36	Página1
Información general			
Lugar de medida	TEGUCIGALPA, HONDURAS		
Cliente	TORRE DE TELEFONIA CELULAR		
Notas	Medición de calidad de energía en torre de telefonía celular ubicada en la ciudad de tegucigalpa MDC, como elemento a considerar para trabajo de tesis		
Información de software			
Versión de Power Log	3.4		
Versión FLUKE 345 DLL	11/20/2006		
Versión FLUKE 430 DLL	1.8.0.0		
Versión FLUKE 430-II DLL	0.2.0.21		
Información del instrumento			
Número de modelo	FLUKE 430-II		
Número de serie	ND		
Revisión de firmware	V03.08		
Método de medición de la potencia	Indicador		
Incorporar soporte del cable	ND		

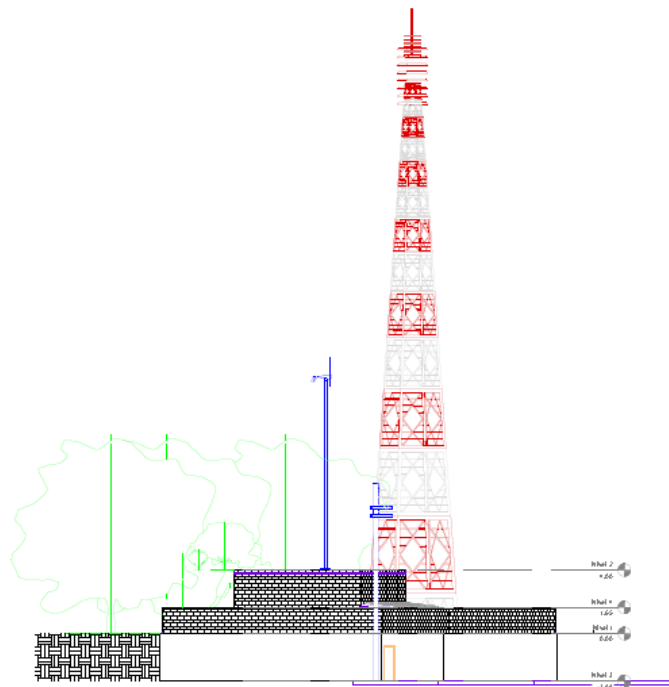
Resumen de medición

Topología de medición	1Ø FASE DIVIDIDA
Modo de aplicación	Uso de potencia
Primera medida	14/05/2016 12:11:48
Última medida	21/05/2016 11:56:48
Intervalo de grabación	0h 5m 0s 0mseg
Tensión nominal	120 V
Corriente nominal	300 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Número de medidas RMS	2014
Número de medidas DC	0
Número de medidas de frecuencia	0
Número de medidas de desequilibrio	0
Número de medidas armónicas	0
Número de medidas armónicas de potencia	0
Número de medidas de potencia	2014
Nº de registros de desequilibrio de potencia	0
Número de medidas de energía	2014
Número de medidas de pérdidas de energía	0
Número de medidas de flicker	0
Número de medidas de señal portadora	0
Número de huecos de tensión	0
Número de sobretensiones	0
Número de transitorios	0
Número de interrupciones	0
Número de perfiles de tensión	0
Número de variaciones rápidas de tensión	0
Número de pantallas	0
Número de formas de onda	0
Número de intervalos sin medidas	0
Nº de gráficos de corriente de arranque	0
Número de eventos de onda	0
Número de eventos RMS	0

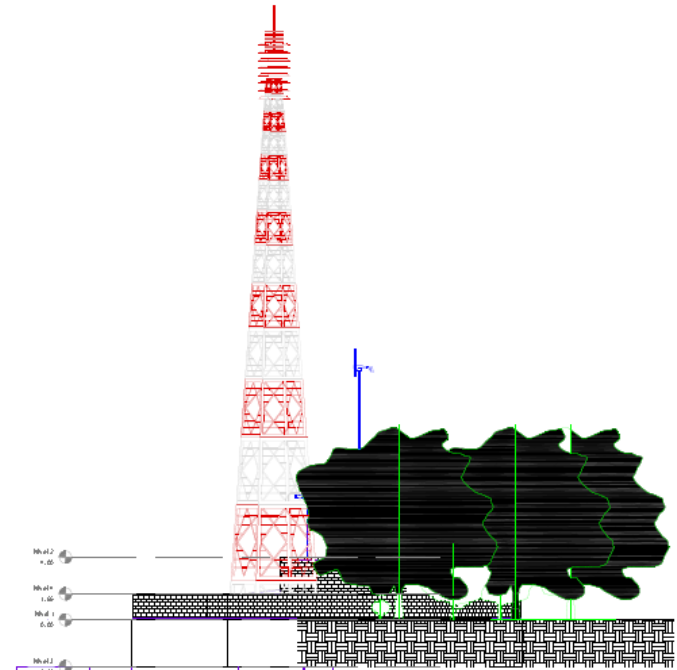
Planos de ubicación de instalaciones solar y eólica vista sur y planta



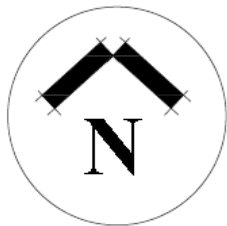
Planos de ubicación de instalaciones solar y eólica vista oeste y este



Vista Oeste



Vista Este



CONTIENDO:

**PLANO CELDA DE
TELEFONIA SITIO
BURRERA**

PROPIETARIO:

UBICACION:

LEVANTAMIENTO:

APROBO:

HOJA

ESCALA:
1:250

FECHA:
MAYO
2016

01
01