

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SECCIÓN DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN



**“APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES DE CO₂ EN EL POBLADO RURAL LA GRAMITA DE
CASMA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN:
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:
ING. JUAN AVILIO CHERCCA RAMÍREZ**

**ASESOR
Ph.D JOHNNY NAHUI ORTIZ**

LIMA, PERÚ

2014

A Dios por haber guiado siempre mi camino, a mi madre y hermanos por la educación adquirida, a mis amigos por el apoyo incondicional.

Juan Chercca Ramírez

AGRADECIMIENTO

Al Ministerio de Energía y Minas y al Consejo de Administración de Recursos para la Capacitación en Electricidad – CARELEC y al Posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería por haber organizado el programa de Maestría en Gestión Ambiental, con el otorgamiento de becas de estudio, por el cual nos sentimos muy agradecidos y contribuyó enormemente a nuestro desarrollo profesional.

Al Doctor en Energía Sr. Johnny Nahui Ortiz por guiarme en esta materia de investigación en calidad de Asesor de mi Tesis.

“APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN EL POBLADO RURAL LA GRAMITA DE CASMA”

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENÉRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Situación Actual de la Energía Eólica.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	19
1.3 Objetivos.....	23
1.4 Hipótesis General.....	24
1.5 Variables.....	25
1.6 Indicadores.....	26
1.7 Justificación.....	27
1.8 Nivel de Investigación.....	27
1.9 Población y Muestra.....	29
1.10 Estrategia Metodológica.....	31
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO.....	34
2.1 El Recurso Eólico.....	34
2.1.1 La Energía Eólica.....	35
2.2 El Recurso Solar.....	42
2.2.2 Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico(SHEFV).....	46
2.3 Marco Legal.....	51
2.4 Marco Conceptual.....	52
2.4.1 Sistema Eólico.....	52
2.4.2 Sistema Fotovoltaico.....	56
2.4.3 Sistema de Baterías.....	66
2.4.4 La Carga.....	70
2.4.5 Sistema Híbrido.....	70
2.4.6 Protocolo de Kioto.....	74

2.4.7	Reducción de Emisiones de CO ₂	75
2.5	Marco Normativo.....	76
CAPÍTULO III : DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS		78
3.1	Alternativa de solución.....	78
3.2	Desarrollo de la propuesta de solución.....	79
3.2.1	Determinación de la Demanda.....	83
3.2.2	Determinación de los recursos energéticos.....	87
3.2.3	Dimensionado del Sistema Eólico-Fotovoltaico.....	88
3.2.4	Dimensionado del Sistema Eólico.....	95
3.2.5	Dimensionado del Sistema Fotovoltaico.....	96
3.2.6	Dimensionado de la red MT 21 km.....	96
3.3	Selección de componentes del equipo.....	97
3.3.1	Selección del Regulador de Carga.....	97
3.3.2	Selección de la Batería.....	98
3.3.3	Selección de un Inversor aislado DC/AC.....	100
3.3.4	Estrategia de Control.....	101
3.4	Análisis comparativo de costos de alternativas.....	101
3.4.1	Estimación de ingresos por venta de energía.....	104
3.5	Plan de implementación.....	106
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		108
4.1	Resultados operativos.....	108
4.1.1	Energía Solar Fotovoltaica.....	108
4.1.2	Energía Eólica.....	108
4.1.3	Baterías y Regulador de Carga.....	109
4.1.4	Inversor DC/AC.....	109
4.1.5	Suma de energías.....	109
4.1.6	Reducción de emisiones de CO ₂	110
4.1.7	Costo de Sistemas.....	110
4.2	Resultados computacionales.....	110
4.3	Resultados económicos-financieros.....	110

CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	115
ANEXO I - Resultados computacionales.....	117
ANEXO II - Gestión de Residuo Solido Peligroso: Batería.....	124
ANEXO III - Resultados Financieros.....	132
ANEXO IV - Estimación de la Carga Total.	135
ANEXO V - Pliego Tarifario de Servicio Octubre 2013.....	139
ANEXO VI - Plano Eléctrico Central Híbrida Eólica Fotovoltaica.....	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Potencial energético del viento en el Perú.	12
Tabla 1.2: Consumo energético diario. Fuente: elaboración propia.....	30
Tabla 2.1: Coeficiente de rugosidad.....	42
Tabla 2.2: Clase de rugosidad por paisaje.....	42
Tabla 2.3: Eficiencia fotovoltaica en distintos materiales.....	58
Tabla 2.4: Tamaño de cables, corriente y potencia máxima.	73
Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos y eólicos.....	79
Tabla 3.2: Estimación de la demanda de energía diaria.....	84
Tabla 3.3: Cálculo de Irradiancia media anual de la Caleta La Gramita.	88
Tabla 3.4.: Capacidad Fotovoltaica Caso 1 en “La Gramita”.....	89
Tabla 3.5 : Cantidad de paneles solares Caso 1 en la Caleta “La Gramita”.	89
Tabla 3.6 : Capacidad de generador eólico Caso1 en “La Gramita”.....	91
Tabla 3.7 : Velocidad del viento a 6 m de altura.	92
Tabla 3.8 : Capacidad Fotovoltaica para Demanda total en la “Gramita”.	96
Tabla 3.9: Selección del regulador de carga.	98
Tabla 3.10 : Selección y dimensionamiento de la batería.	99
Tabla 3.11 : Costos de alternativas.....	102
Tabla 3.12: Inversión en equipamiento de un sistemas híbrido.....	103
Tabla 3.13: Costos anuales de operación y mantenimiento.	103
Tabla 3.14 Diagrama de actividades.....	107
Tabla 4.1 : Costos de alternativas.....	110
Tabla III.1: Análisis económico del proyecto – Sin Financiamiento.....	133
Tabla III.2: Análisis económico del proyecto – Con Financiamiento.....	134
Tabla IV.1: Estimación de la carga Total en “La Gramita”.....	135
Tabla IV.2: Estimación de la Energía diaria actual en “La Gramita”.....	136
Tabla IV.3: Estimación de la Energía diaria en 20 años en “La Gramita”.....	137
Tabla IV.4: Aporte de energía renovable en sistema híbrido.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.2: Potencia eólica instalada en el mundo hasta 2010 (MW).....	03
Figura 1.3: Capacidad de producción eólica en el mundo.....	04
Figura 1.4: Aerogenerador de 3 Kw en Comodoro-Patagonia.....	06
Figura 1.5: Atlas Eólico del Perú, Departamento Ancash.....	08
Figura 1.6: Mapa de viento a 80 m promedio anual.....	09
Figura 1.7: Aerogenerador Black 3000 – Chorrillos.....	11
Figura 1.8: Aerogenerador Black 3000 – Chorrillos.....	11
Figura 1.9: Potencia fotovoltaica instalada en el mundo (MW).....	14
Figura 1.10: Produccion de paneles fotovoltaicos en el mundo.....	16
Figura 1.11: Atlas Solar del Perú, Departamento Ancash.....	18
Figura 1.12: Caleta de pescadores La Gramita.....	19
Figura 1.13: Diagrama de Causas y Efectos.....	22
Figura 1.14: Diagrama de Objetivos y Fines.....	23
Figura 1.15: Procesos de Estrategias de Solución.....	31
Figura 2.1: Aerogenerador a barlovento.....	38
Figura 2.2: Aerogenerador a sotavento.....	39
Figura 2.3: Aerogenerador horizontal tripala.....	39
Figura 2.4: Flujo de la Energía eólica.....	40
Figura 2.5 Histograma de las velocidades del viento.....	41
Figura 2.6: Espectro electromagnético del Sol sobre la Tierra.....	44
Figura 2.7: Componentes de la radiación solar terrestre total.....	45
Figura 2.8: Balance energético sobre un cuerpo.....	45
Figura 2.9: Bosquejo de un Sistema.....	47
Figura 2.10 Área A barrida por el rotor de diámetro D.....	50
Figura 2.11: Grandes Aerogeneradores y sus partes.....	54

Figura 2.12: Pequeños Aerogeneradores y sus partes.....	56
Figura 2.13: Esquema del Sistema Fotovoltaico.....	57
Figura 2.14: Panel Solar.....	58
Figura 2.15: Curvas I-V con diferentes irradiancias.....	59
Figura 2.16: Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos.....	62
Figura 2.17: Reguladores de carga.....	65
Figura 2.18 Batería.....	72
Figura 2.23: Emisiones de GEIs.....	74
Figura 3.1: Procesos de implementación del sistema híbrido.....	81
Figura 3.2: Plano de Ubicación del Proyecto	81
Figura 3.3: Esquema de Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico.....	82
Figura 3.4: Diagrama de flujo para dimensionar el sistema.....	82
Figura 3.5: Diagrama de carga Caleta “La Gramita” de Casma.....	85
Figura. 3.6: Sistema de Paneles Solares con tecnología OF-GRID.....	90
Figura. 3.7: Aerogenerador de eje horizontal de tres palas.....	93
Figura. 3.8: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas 2kW.....	94
Figura. 3.9: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas 5 kW.....	94
Figura. 3.10: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas10 kW.....	95
Figura. 3.11: Ruta de red aérea de MT 21 km.....	97
Figura 3.12: Banco de baterías.....	99
Figura 3.13: Inversor banco de baterías.....	100
Figura 3.14: Representación de un Sistema Híbrido.....	106

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA

MWp	:	Megawatt pico
MW	:	Megawatt= 10^3 KW
GW	:	Gigawatt= 10^3 MW
SFV	:	Sistema Fotovoltaico
Kwh/m ²	:	Energía/m ²
kV	:	Kilovoltio
kM	:	Kilometro
CO ₂	:	Dióxido de carbono
SHEFV	:	Sistema Híbrido eólico fotovoltaico
FE	:	Factor de emisión
Ton CO ₂ eq	:	Tonelada de CO ₂ Equivalente
Pf	:	Población futura
Pa	:	Población actual
V(h)	:	Velocidad a la altura h del suelo
Vref	:	Velocidad media a una altura Zref
Z	:	Altura desde el suelo
Z ₀	:	Longitud de la rugosidad
Zref	:	Altura de referencia
C _A	:	Capacidad del generador
C _S	:	Capacidad del acumulador
DMFv	:	Demanda máxima fotovoltaica
Ea	:	Energía acumulada
Capnec	:	Capacidad necesaria
Capect	:	Capacidad efectiva
Capbat	:	Capacidad de la batería

RESUMEN

La investigación y desarrollo en tecnología de Aerogeneración de baja potencia (2 kW), y la implementación de Sistemas Fotovoltaicos es limitada en el país y en el mercado internacional, no obstante que se presenta como una solución energética estratégica para zonas rurales que disponen del recurso eólico y solar en lugares en donde no se tiene el acceso al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y en donde no existe redes de Transmisión y Distribución Eléctrica de dicho sistema, entonces en dicha zona la única alternativa es la generación aislada, por ello la energía renovable es una buena opción y se plantea el uso de aerogeneradores de pequeña potencia para satisfacer la demanda de energía eléctrica doméstica y comunitarias en zonas rurales.

La presente Tesis de Maestría es una investigación aplicada cuya metodología parte de la evaluación de tecnologías independientes como son el uso de aerogeneradores y los paneles fotovoltaicos y la combinación adecuada de éstas dos tecnologías, para lo cual se ejecutaron labores de gabinete y de campo, que dan como resultado el diseño de un Aerogenerador de 2 kW con imanes permanentes de neodimio, el uso de 28 paneles Fotovoltaicos de 240Wp, acumuladores o baterías, Reguladores de carga e Inversor que conforman un Sistema Híbrido Eólico-fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica para los pobladores de la Caleta “La Gramita” de la Provincia de Casma, cuya demanda energética es de 49,25 kWh/día, lo que permitirá mejorar la calidad de vida y mitigar los impactos ambientales por las emisiones contaminantes por el uso de carbón, velas, mecheros y grupos electrógenos. Esta alternativa propuesta tiende a ser la mejor alternativa que utiliza fuentes renovables de gran potencial en el lugar dado que ésta se encuentra en la playa “La Gramita” a la orilla del mar con viento y sol favorable durante todo el año, lo que se puede corroborar en el mapa eólico y solar donde contamos con una velocidad de viento de 5,3 m/s (a 10 m de altura) y una irradiancia de 5.75 KWh/m².

Existe otra alternativa para el suministro de energía eléctrica la cual es la ampliación de redes de transmisión y/o distribución de energía eléctrica desde el

norte de la ciudad de Casma hasta la zona de la Caleta “La Gramita” que se encuentra a una distancia de 21 km, haciendo inviable esta alternativa de solución por alto costo del proyecto, que supera los US\$ 840 000 (solo la red primaria de MT).

Para la realización de este estudio se ha calculado la demanda energética a partir de la demanda máxima de los consumidores, teniendo en cuenta la potencia instalada, así como los factores de demanda de simultaneidad y de utilización. Además, se distingue las cargas de uso residencial, que considera el consumo doméstico, y el de uso comunitario, en el que se incluye una Posta Médica, Local Comunal, Local de Pescadores, una pequeña escuela y el alumbrado público. Es decir la energía utilizada en viviendas no solamente es usada para la iluminación y artefactos eléctricos; si no también para cargas especiales para los locales de uso comunitario

En los criterios de optimización del sistema se ha considerado la mayor confiabilidad del sistema de tal forma de no afectar las cargas críticas de uso comunitario para esta localidad; no obstante el sistema tiene capacidad de suministrar energía para todas las viviendas de dicha caleta.

Este material se brinda como herramienta de consulta, esperando contribuir con la implementación de futuros proyectos similares en zonas de similar característica a “La Gramita” como son nuestras caletas ubicadas en el litoral peruano como son: “La Isilla”, “Los Lobos” y “La Tortuga” en Paita, “La Planchada” en Paracas, “Los Órganos” en el Alto, “La sorda” en Camaná, “Matacaballos” en Castilla, “Lobitos” en Talara. Todas ellas ubicadas a más de 20 km de las redes eléctricas de energía convencional

ABSTRACT

The research and development in technology of Wind System of low power (2 kW), and the implementation of Photovoltaic Systems is limited in the country and in the international market, however, that is presented as a strategic energy solution for rural areas that have the wind resource and solar in places where there is no access to the national power grid (SEIN) and where there is no networking of electrical transmission and distribution of such a system, then in that area the only alternative is the isolated generation, by this renewable energy is a good option and is raised by the use of small wind turbines for power to meet the demand for electric power in domestic and community areas Rural.

This master's thesis is an applied research methodology which part of the evaluation of separate technologies such as the use of wind turbines and photovoltaic panels and the proper combination of these two technologies, which are executed work of cabinet and field, which had resulted in the design of a 2kW wind turbine with neodymium permanent magnets, the use of 28 photovoltaic panels 240Wp, accumulators or batteries, charge Regulators and Inverter systems that make up a hybrid wind-pv to supply electricity to the residents of La Caleta "Gramita" of the Province of Casma, whose energy demand is 49.25 kWh/day, which will make it possible to improve the quality of life and mitigate The environmental impacts of polluting emissions by the use of coal, candles, lighters and generators. This alternative proposal tends to be the best alternative that uses renewable sources of great potential in the place given that this is located on the beach "The Gramita" on the sea shore with favorable wind and the sun during the whole year, what can be corroborated in the solar wind map and where we have a wind speed of 5.3 m/s (10 m in height) and an irradiance of 5.75 kWh/m².

There is another alternative for the supply of electrical energy which is the expansion of transmission networks and/or distribution of electrical energy from the north of the city of Casma until the area of the Caleta "Gramita" which is located at a distance of 21 km, making this unworkable alternative solution by

high cost of the project, which exceeds US\$ 840 000 (only the primary network of MT).

For this study has calculated the energy demand from the maximum demand of consumers, taking into account the power installed, as well as the factors of demand for concurrency and use. In addition, a distinction is made between the loads of residential use, which considers the domestic consumption, and the community, which includes a medical post, local community, local fishermen, a small school and the public lighting. That is to say, the energy used in homes is not only used for lighting and electrical appliances; if not also for special charges for the use of local community.

In the criteria of optimization of the system has been considered the greatest reliability of the system in such a way as not to affect the critical loads for community use for this locality; however the system has the capability to provide power to all the dwellings of the Caleta.

This material is provided as a tool for consulting, waiting for help with the implementation of future similar projects in areas of similar feature to "The Gramita" as our coves are located in the Peruvian coastline such as: "The Isilla", "Los Lobos" and "The Turtle" in Paita, "La Planchada" in Paracas, "The Örganos" in El Alto, "deaf" in Camana, "Matacaballos" in Castile, "Lobitos" in Talara. All located at more than 20 km of conventional power grids

PALABRAS CLAVE

Aerogeneradores de baja potencia, Sistemas fotovoltaicos, Energía Eólica de baja potencia, Generación aislada de baja potencia, Sistema híbridos eólicos-fotovoltaicos, disminución de emisiones de CO₂

KEY WORDS

Low power Wind System, photovoltaic systems, wind energy, isolated generation of low power, wind-photovoltaic system, decrease of CO₂ emissions

INTRODUCCIÓN

En el País se han realizado pocas instalaciones con el uso de fuentes renovables no convencionales como las centrales eólicas, de biomasa y las centrales solares fotovoltaicas, así como también se han implementado centrales hidroeléctricas de mediana capacidad, de los cuales podemos citar la puesta en marcha de cuatro centrales solares fotovoltaicas de 20 MWp cada una en los departamentos de Tacna y Moquegua, asimismo la puesta en servicio del parque eólico de 32 MW en Marcona departamento de Ica desde el 25/04/2014

La extensión de red eléctrica todavía se considera como la primera opción para la electrificación rural; sin embargo hay muchos lugares en el Perú donde la red eléctrica no ha llegado y es poco probable que llegue en el futuro, al menos en el corto y mediano plazo para todos estos lugares existen otras alternativas de suministro eléctrico. En estos entornos aislados las principales tecnologías de generación eléctrica ofertadas son los grupos diesel, y otras tecnologías limpias como son los pequeños aerogeneradores y sistemas fotovoltaicos. El uso de generadores diesel tiene la desventaja de sus elevados costos del combustible; así como la contaminación ambiental.

El presente estudio intenta comparar el uso de pequeñas turbinas eólicas de eje horizontal con imanes permanentes de Neodimio, el uso de paneles fotovoltaicos y los sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos para aprovechar las velocidades de viento y radiación solar considerables que existen en zonas costeras de la región Ancash.

Existen aerogeneradores de baja potencia como los desarrollados por Soluciones Prácticas ITDG, el IT-100 que funciona con un generador de imanes permanentes de 100 W, denominado IT-PE-100, instalado en nuestro país en el caserío el Alumbre Cajamarca, también hay experiencias en aerogeneradores de baja potencia para una casa rural en Zimbabwe.[4]. La investigación y desarrollo en tecnología de aerogeneradores de pequeña potencia (100 W) , es limitada en

el país y en el mercado internacional, no obstante se presenta como una solución energética y socioeconómica de zonas rurales que disponen del recurso eólico. ITDG viene trabajando en el desarrollo de pequeños aerogeneradores para satisfacer cargas domésticas unifamiliares de zonas rurales.[4]

El área geográfica donde se sitúa la Caleta “La Gramita”, ubicada en el Distrito y Provincia de Casma, Km 347 de la Panamericana Norte, Departamento de Ancash, posee características climáticas óptimas por los vientos fuertes y la radiación solar existente lo que nos permitirá el aprovechamiento del recurso eólico y solar en la altura del Km 347 de la Panamericana Norte. La caleta “La Gramita” desarrolla su economía en base a actividades relacionadas con la pesca y el turismo y tiene una población beneficiaria de 296 habitantes distribuidos en 74 viviendas rústicas (Ficha SNIP 102399 Ministerio Economía y Finanzas Perú, 2009). En cuanto al servicio de energía eléctrica, el Centro Poblado no cuenta con este servicio. La aplicación de tecnologías limpias renovables, está orientado a dar una solución para la búsqueda de alternativas menos contaminantes y rentables a largo plazo

Este Proyecto estudia y evalúa la alternativa de implementación de Sistemas de Generación Eólica, paneles fotovoltaicos y Generación Híbrida eólica-fotovoltaica de pequeña potencia y está encaminado al diseño y la selección de equipos para un sistema eólico aislado, celdas fotovoltaicas, sistemas híbridos eólicos fotovoltaicos aprovechando los recursos de la zona, el mismo que servirá de apoyo para futuras investigaciones.

Los sistemas eólicos, fotovoltaicos e híbridos son sistemas de generación de energía eléctrica que opcionalmente son auxiliadas con combustibles fósiles y con almacenamiento en baterías. Para el desarrollo de sistemas eólicos se ha identificado una serie de requerimientos específicos y características para el abastecimiento de energía eléctrica; específicamente en comunidades rurales[4]

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENÉRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA EÓLICA

La capacidad mundial de energía eólica aumento 20% en el año 2011 según el reporte publicado el 7 de Febrero de 2012 por el Concilio Global de Energía Eólica (GWEC Global Wind Engineering Council). La capacidad de energía eólica global instalada llegó a los 238 GW, lo que podría producir energía suficiente para abastecer 200 millones de viviendas (Asumiendo un consumo de 1000 KWh al mes por vivienda el cual es el consumo promedio en los países desarrollados). China sigue siendo el líder en capacidad instalada de energía eólica con 63 GW aportando el 26.3 por ciento del total mundial. En segundo lugar están los Estados Unidos con 47 GW seguido por Alemania con 29 GW y el cuarto lugar lo tiene España con 21.6 GW.

Latinoamérica y el Caribe cuentan con una capacidad de energía eólica instalada de 3.2 GW. Los países Latinoamericanos que actualmente se encuentran en el mercado de energía generada por viento son México, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Brasil, Perú, Chile y Argentina. En el Caribe se encuentran, Republica Dominicana, Jamaica, Cuba, Curasao, Aruba, Dominica, Guadalupe, Martinica y Bonaire.



Figura 1.2: Potencia eólica instalada en el mundo hasta 2010 (MW) (Fuente <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Totalcapacityworld2009.jpg>)

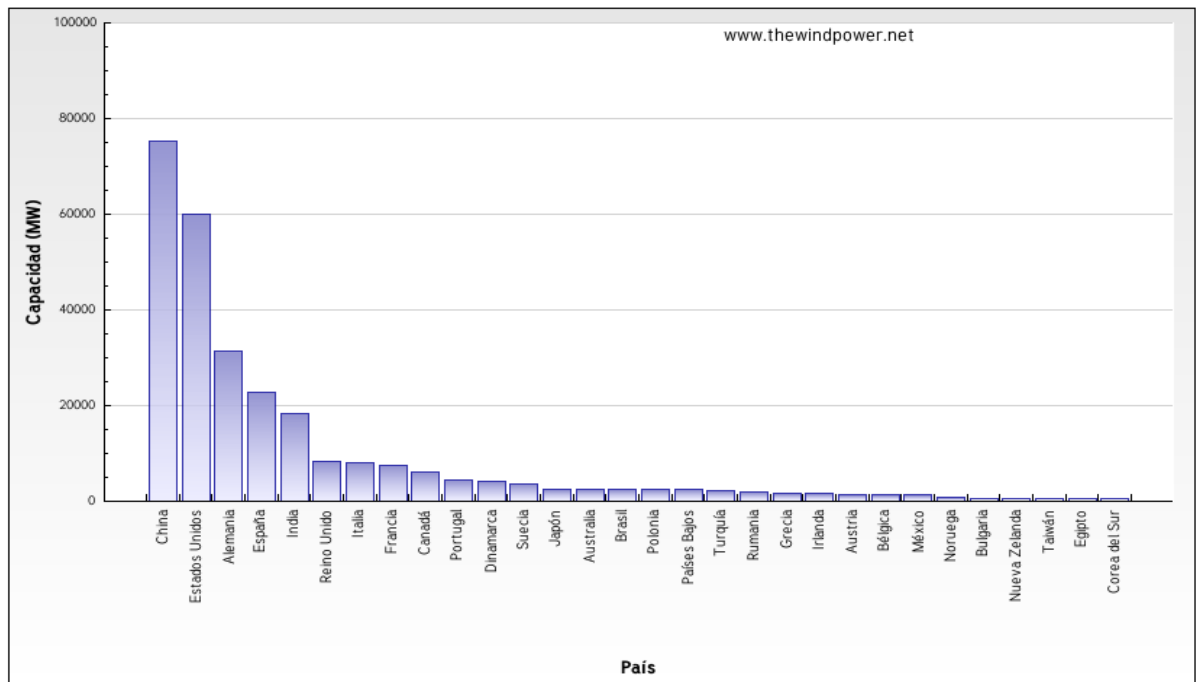


Figura 1.3: Capacidad de producción eólica en el mundo (Fuente http://www.thewindpower.net/statistics_countries_es.php)

Brasil el país latinoamericano a la vanguardia y cuenta con 1.5 GW de capacidad eólica instalada. Brasil instaló 583 MW en el año 2011, 48 por ciento de todas las nuevas instalaciones de energía eólica en Latinoamérica y el Caribe. México también mostró aumentos importantes en 2011 aumentando su capacidad eólica instalada en un 68 por ciento, llegando a 873 MW. Argentina aumentó su capacidad sumando 79 MW nuevos llegando a 130 MW. Honduras también se unió al mercado de energía eólica con 102 MW.

Brasil continúa creciendo en el mercado de energía eólica con la construcción en progreso del Complejo Eólico Corredor Do Senandes, en el estado de Río Grande do Sul. Este complejo estará formado por cuatro parques eólicos que totalizan 117 MW de potencia instalada. La inversión total del emprendimiento es de US\$ 166 millones y tiene inicio de operación previsto para 2014. Odebrecht Energía además cuenta con otros 16 parques eólicos que serán implantados en el futuro cercano que totalizan 365 MW.

Con la creciente preocupación por la seguridad global de energía, la energía generada por el viento esta tomando una posición importante en la nueva economía de la energía. Los aerogeneradores no necesitan combustibles por lo tanto no producen emisiones dañinas para el medio ambiente y frente a los recursos finitos de las energías fósiles, la energía generada por el viento ofrece un potencial ilimitado. Según la Asociación Latinoamericana de Energía Eólica (LAWEA) si el viento se aprovechara en su totalidad sería suficiente para abastecer cinco veces la necesidad energética mundial anual. (<http://latinoamericarenovable.com/>, Elizabeth Scoville, Ph.D., 09.04.2012).

Generación eólica de baja potencia en el mundo

La microgeneración de energía eólica consiste en pequeños sistemas de generación hasta 50 kW de potencia. En comunidades remotas y aisladas, que tradicionalmente han utilizado generadores diesel, su uso supone una alternativa. También es empleada cada vez con más frecuencia por hogares que instalan estos sistemas para reducir o eliminar su dependencia de la red eléctrica por razones económicas, así como para reducir su impacto ambiental. Este tipo de pequeñas turbinas se han venido usando desde hace varias décadas en áreas remotas junto a sistemas de almacenamiento mediante baterías.

Ajgunas experiencias en el mundo en torno a este tipo de generación de baja potencia son las siguientes:

La minieólica genera electricidad más barata que la de la red en algunas zonas rurales de Reino Unido, según un estudio de la organización Carbon Trust, publicado en 2010. Según ese informe, los mini aerogeneradores podrían llegar a generar 1,5 Teravatios-hora (TWh) de electricidad al año en Reino Unido, un 0,4 % del consumo total del país, evitando la emisión de 0,6 millones de toneladas de CO₂. (http://es.wikipedia.org/wiki/Energia_eolica)

La empresa Green Empowermenty WISIONS Initiative viene elaborando estudio para evaluar el Potencia de mercado de sistemas de energía eólica de pequeña escala(definida como sistemas eólicos con una potencia nominal inferior a los 10 kW) para las iniciativas de electrificación rural, dentro del contexto de no conexión a la red. Los usuarios por abarcar son los hogares, las comunidades y

los pequeños negocios, incluidas las empresas de procesamiento agrícola y de alimentos, escuelas, edificios comunitarios y centros de salud.

- Argentina es uno de los países pioneros y más experimentados en el desarrollo de la energía eólica de baja potencia, aquella que es utilizada para instalaciones aisladas hasta los 3 kW. La producción argentina comenzó en los noventa en Córdoba por Jacobone y desde 2011 también aparecieron los equipos de Fiasa y Tecnotrol.
- En el informe “Estado de la Industria Eólica en Argentina”, del 2009, realizado por la CADER (Cámara Argentina de Energías Renovables), dedica un apartado dedicado a este tipo de equipos eólicos de baja potencia. En la actualidad, comercializa sistemas basados en el aerogenerador IVS 4.500 de 4,5 kW y tiene iniciado el desarrollo de aerogeneradores de media potencia de 25 a 30 kW.
- En la Argentina hay más de 300.000 unidades en operación para extracción de agua en zonas agrícola ganaderas. La máquina más utilizada es la centenaria Multipala Americano, que mantiene el mismo diseño que tenía a finales del siglo XIX.



Fig. 1.4 : Aerogenerador de 3 kW en Comodoro-Patagonia por Tecnotrol
<http://www.elpatagonico.net/nota/162342/>

Existen también sistemas desconectados de la red que pueden adaptarse a la intermitencia del viento, que pueden utilizar sistemas fotovoltaicos o generadores diésel que suplementen la energía producida por la turbina, acompañadas de un cargador de baterías denominados Sistemas Híbridos. Mediante un pequeño aerogenerador junto a un sistema fotovoltaico que cargue unas pequeñas baterías, se elimina la necesidad de la conexión a la red eléctrica en zonas con redes de servicio público o se usa en sistemas aislados muy alejados de la red pública.

Situación eólica en el Perú

En 2007, la generación eléctrica con fuentes renovables en el Perú, específicamente con viento, fue de menos del 1%. Con el objetivo de promover la inversión en ese tipo de energía, se actualizó el mapa eólico del país, identificándose una capacidad de 22,000 MW, a la vez que se identificaron las zonas de mayor potencial para el desarrollo de parques eólicos.

En el año 2010 y 2011 se realizaron dos subastas de energías alternativas RER (Recurso Energéticos Renovables) que sumarían alrededor de 500 MW. En cuanto a energías eólicas, se adjudicaron 4 parques eólicos:

C.E. Cupisnique (80 MW, en construcción, Pacasmayo, POC para el 31/08/2014)

C.E. Talara (30 MW, en construcción, Piura, POC para el 31/08/2014)

C.E. Marcona (32 MW, en Operación Comercial, POC el 25/04/2014)

C.E. Tres Hermanas (90 MW, En construcción, Ica, POC para el 31/12/2015)

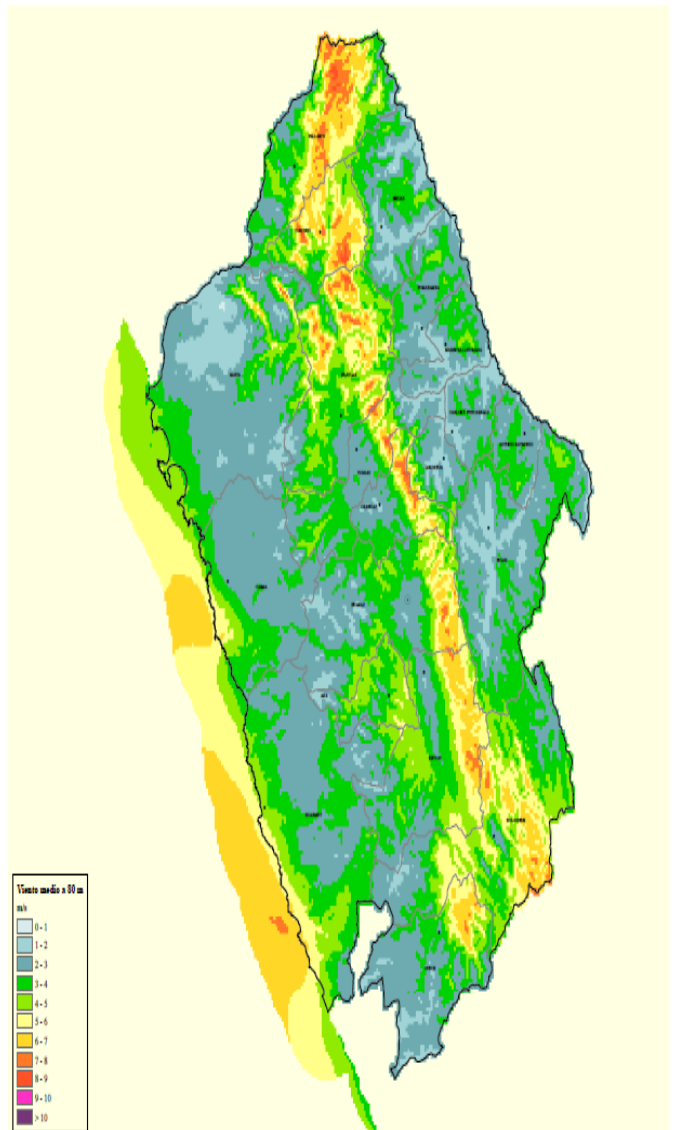


Figura 1.5: Atlas Eólico del Perú, Departamento Ancash (Fuente MEM Perú)

En la costa, se registran velocidades de 5m/s, lo suficiente para que proyectos eólicos sean económicamente factibles, mientras que en las regiones que van desde Tacna hasta Ica y desde Ancash hasta Tumbes se tiene el mayor potencial eólico. Asimismo, el SENAMHI tiene registros diarios de viento de más de un centenar de estaciones meteorológicas por períodos que superan las décadas.

Generación eólica de baja potencia en el Perú

En el Perú la organización internacional Soluciones Prácticas ITDG, viene trabajando en la investigación y desarrollo de dos modelos de aerogeneradores de 100 y 500 W. En el 2007 - 2009 para electrificación rural de toda la comunidad de El Alumbre, en Cajamarca, instalándose 33 sistemas de 100 W para igual número de familias, y para la posta médica y escuela, aerogeneradores de 500 W. En este mismo período se instaló el primer túnel de viento en el país conjuntamente con la UNI, herramienta aerodinámica fundamental para la investigación en el tema. En el 2009 se implementó la primera microrred eólica del Perú con cuatro aerogeneradores de 500 W para dotar de energía a 15 familias de Alto Perú en Cajamarca.

La empresa Waira Energía S.A.C., ha tenido en estos últimos años una actividad muy intensa en investigación, desarrollo e implementación de aerogeneradores de baja potencia. Ha logrado con éxito implementar sistemas de 1500 o 1000 W en avícolas de Huacho, Huara, que abastecen de electricidad a las viviendas de los trabajadores, a sistemas de comunicación y PC, y a un decodificador de satélite.

Por otro lado, La empresa Energía Innovadora SAC representa a los más importantes fabricantes de generadores eólicos pequeños de los Estados Unidos como son SouthWest®, Alemania Winforce® Windpower. Energía Innovadora ha logrado Instalar generadores eólicos en diferentes regiones del Perú para bombeo y procesos en proyectos agroindustriales en la costa, y ha realizado estudios de viento y factibilidad en proyectos eólicos en diferentes regiones del país, para empresas en Ilo, Lima, Ica y Talara.

En Lima hay un Aerogenerador para suministrar energía eléctrica para luz y música de una terraza. Recién demostró su utilidad durante una ausencia de electricidad produciendo lo básico para luz y computadora durante todo el día sin usar la batería. La foto muestra esta instalación..



Figura 1.7: Aerogenerador Black 3000 – Chorrillos

Otra demostración fue realizada durante una exposición en Yaurisque/Cusco (Centro de Capacitación para el Desarrollo - CECADE de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC), Simposio Peruano de Energía Eólico-Solar.



Figura 1.8: Aerogenerador Black 3000 – Chorrillos
<http://deltavolt.pe/black300>

Potencial eólico en el Perú

Respecto a evaluaciones del recurso eólico en el Perú, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) elaboró un primer mapa eólico en 1983, en base a información recogida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el propio ITINTEC.

En el año 2000, el SENAMHI, a través de su Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, elaboró el siguiente cuadro referencial con fines energéticos:

Lugar	Región	Altitud (msnm)	Velocidad media (m/s)	Energía producible (kWh/año)
Tumbes	Tumbes	25	2.6	252
Talara	Piura	50	8.5	4,993
Piura	Piura	46	4.0	642
Chiclayo	Lambayeque	27	5.1	1,281
Trujillo	La Libertad	33	5.0	1,243
Chimbote	Ancash	11	5.5	1,157
Aeropuerto	Lima	13	3.4	507
Laguna Grande	Ica	10	6.5	2,465
Marcona	Ica	31	6.4	1,329
Pta. Atico	Arequipa	20	6.7	2,701
Pta. De Coles	Moquegua	50	5.0	1,223
Tacna	Tacna	452	2.5	363

Tabla 1.1: Potencial energético del viento en el Perú
(Fuente <http://www.minem.gob.pe/>)

A fines de 2008 el MINEM, a través de la Dirección de Fondos Concursables (FONER), publicó el mapa eólico del país, trabajo encargado al consorcio conformado por Metesoim Truewind S.L. y Latin Bridge Business S.A. El estudio reportó información preliminar muy valiosa sobre determinados lugares que cuentan con cierto potencial eólico aprovechable, facilitando y orientando a los interesados a realizar estudios de cuantificación y a su aprovechamiento a través

de un parque eólico. El estudio ha cuantificado el potencial existente en el país en 22 452.00 MW, siendo las regiones de la costa las que poseen mayores velocidades de viento.

Ventajas de la energía eólica

La energía eólica presenta ventajas frente a otras fuentes energéticas convencionales:

- Procede indirectamente del sol, que calienta el aire y ocasiona el viento.
- Se renueva de forma continua.
- Es inagotable.
- Es limpia. No contamina.
- Existe en todo el mundo.
- Cada vez es más barata conforme aumenta la tecnología.
- Permite el desarrollo sin expoliar la naturaleza, respetando el medio ambiente.
- Las instalaciones son fácilmente reversibles. No deja huella.

1.1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La Energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos que en materia de generación de energía se presentan. Este crecimiento se ha producido gracias a los mecanismos de fomento de algunos países, que, como España, han propiciado un gran incremento de la capacidad global de fabricación, distribución e instalación de esta tecnología.

A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MWp según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MWp, un 72%, se localiza en la Unión Europea. Para los próximos años se espera que el continuo crecimiento de la última década a nivel mundial se mantenga.

Las tres áreas de mayor interés en el mundo, según la potencia acumulada, son Europa (destacando Alemania y España, con más de un 52% del total mundial),

Japón y EE.UU. Japón con cerca de 3.622 MW acumulados y EE.UU. con aproximadamente 2.727 MW representan el 9% y el 6,80% respectivamente de la potencia total. En el gráfico siguiente se representa el histórico de la potencia acumulada a nivel mundial en los últimos años, apreciándose claramente el crecimiento exponencial.

A corto plazo es previsible que esta distribución del mercado se mantenga, si bien hay países que empiezan a despuntar, lo cual hace suponer también que en el futuro el peso relativo de los países con más potencia no será tan preponderante como en la actualidad. Así países como Italia, que se convierte en el año 2009 en el segundo mercado mundial, con 711 MW instalados, y en el año 2010 se estiman unos 2.321 MW más. En Europa la República Checa que instaló en 2009 411 MW y en 2010 aproximadamente unos 1.490 MW, y Bélgica 210 MW en 2010. Japón y Estados Unidos siguen manteniéndose en sus posiciones con 990 MW y 980 MW instalados respectivamente.

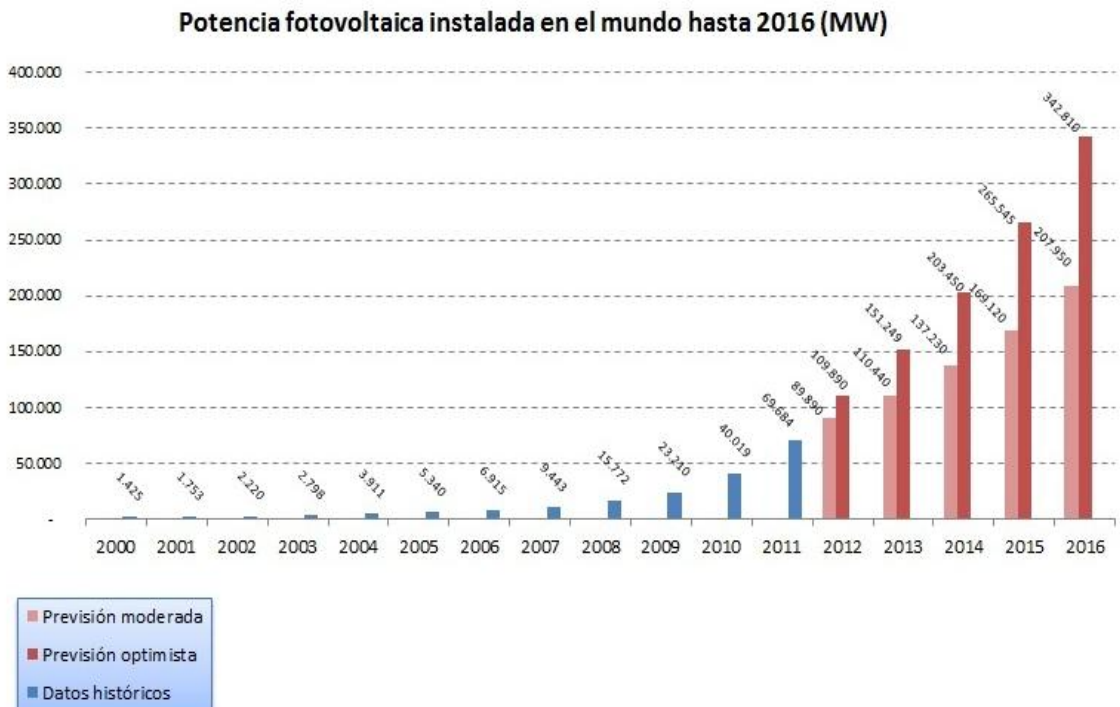


Figura 1.9: Potencia fotovoltaica instalada en el mundo (MW) (Fuente EPIA)

Los datos más relevantes de la industria solar fotovoltaica en el mundo son:

- Los países principales por potencia instalada en 2010, por orden, fueron Alemania (7.408 MW), Italia (2.321 MW), República Checa (1.490 MW) Japón (990 MW) y EE.UU. (980 MW).
- La potencia mundial instalada en el año 2010 fue de 16.600 MW, lo que supuso un incremento del 72% de la potencia mundial acumulada con respecto al año 2009.
- El 79% de la potencia mundial instalada en 2010 fue en la Unión Europea, con más de 13.240 MW. Dentro de la Unión Europea el mercado alemán fue claramente el preponderante representando el 59% de todo el mercado europeo.
- Japón ha instalado 990 MW en 2010 llegando a una potencia total instalada de 3,6 GW.
- EE.UU. instaló en 2010 980 MW en 2010, alcanzando aproximadamente los 2,7 GW.
- Italia con una potencia total acumulada de 3,4 GW se convierte en el segundo mercado mundial en el año 2009 y 2010, habiendo instalado 711 MW y 2.321 MW respectivamente.

Aparecen nuevos actores como China con 520 MW acumulados y la India con 30 MW.

En 2010 se alcanzó una producción mundial de células fotovoltaicas de 27.213 MW.

Los primeros fabricantes de células fotovoltaicas en el mundo han sido Suntech Power (5,8% del mercado mundial), JA Solar (5,4%), First Solar (5,2%), Trina Solar (3,9%), Q-Cells (3,7%), Yingli (3,6%), Motech (3,5%), Sharp (3,3%), Gintech (3,0%) y Kyocera (2,4%).

En el año 2010, aproximadamente el 87 % de las células se fabricaron con silicio, de las cuales con silicio monocristalino el 33,2 %, con policristalino el 52,9 %, y con amorfo el 5%; el 5,3 % con telururo de cadmio, el 1,2 % con cobre, selenio e indio (CIS), y el 2,4 % restante con otras tecnologías, según datos de la revista especializada Photon International.

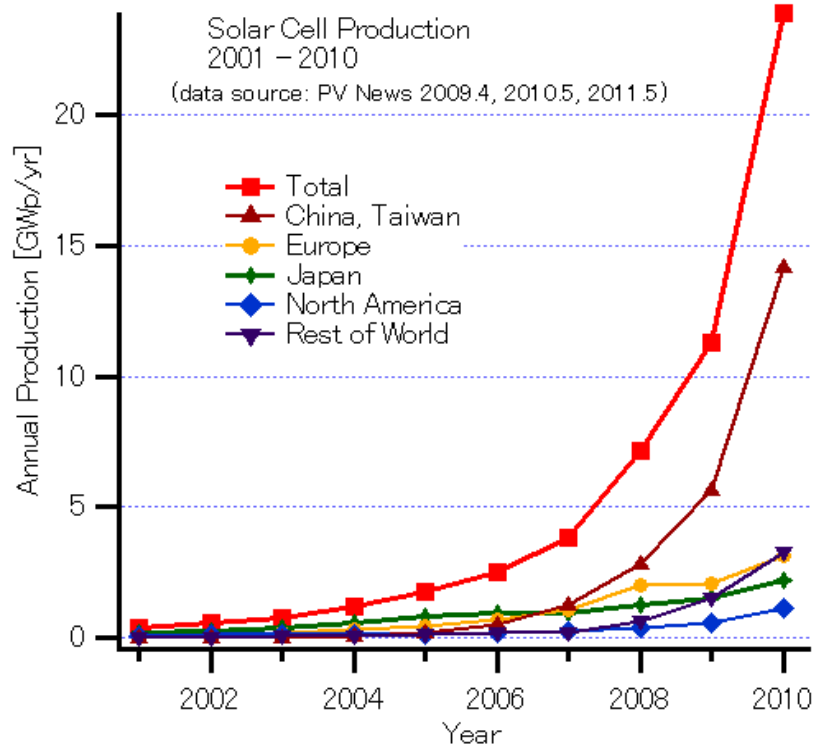


Figura 1.10: Producción de paneles fotovoltaicos en el mundo (Fuente información http://es.wikipedia.org/wiki/Energía_solar_fotovoltaica)

Situación Solar en el Perú

El Perú cuenta con un alto potencial solar, por su incidencia diaria y constancia durante el año: contamos con un potencial promedio de energía de 5.24 kWh/m² (de acuerdo al Atlas de Energía Solar del Perú, 2003). Se considera que la energía solar en 4kW.h/m² es atractiva para la inversión para el uso de tecnologías de conversión fotovoltaica. (Fuente: CER UNI. Diagnóstico de las Instalaciones Fotovoltaicas y Elaboración de Propuesta Normativa, Lima, 2005: OSINERG). Según cifras del Ministerio de Energía y Minas (2004), el Perú cuenta con una potencia instalada de alrededor de 3.73 MWp (o Mega watt pico). Del total de aplicaciones, se tiene que las principales son las siguientes:

Sistemas Fotovoltaicos (SFV) en comunicaciones: 44,772 unidades.

Sistemas Fotovoltaicos (SFV) para uso domiciliario (electrificación rural, iluminación, uso comunal): 17,448 unidades.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas adjudicadas en las dos primeras subastas RER, se encuentran en operación comercial cuatro parques solares con una potencia total de 80 MW:

C.S. Majes 20T (20 MW, Arequipa, En servicio 2012)

C.S. Repartición 20T (20 MW, Arequipa, En servicio 2012)

C.S. Central Tacna (20 MW, Tacna, En servicio 2012)

C.S. Panamericana (20 MW, Moquegua, En Servicio 2012)

C.S. Moquegua FV 16 MW (16 MW, Moquegua, en construcción Prevista 31/12/2014)

Se ha determinado que los paneles solares pueden proveer de energía eléctrica a zonas rurales. Las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna tienen promedio de energía de 6 a 6,5 kWh/m², mientras que Piura y Tumbes tienen promedio entre 5,5 y 6 kWh/m². Además, existe interés de organismos de cooperación internacional para promover el uso de esta energía.

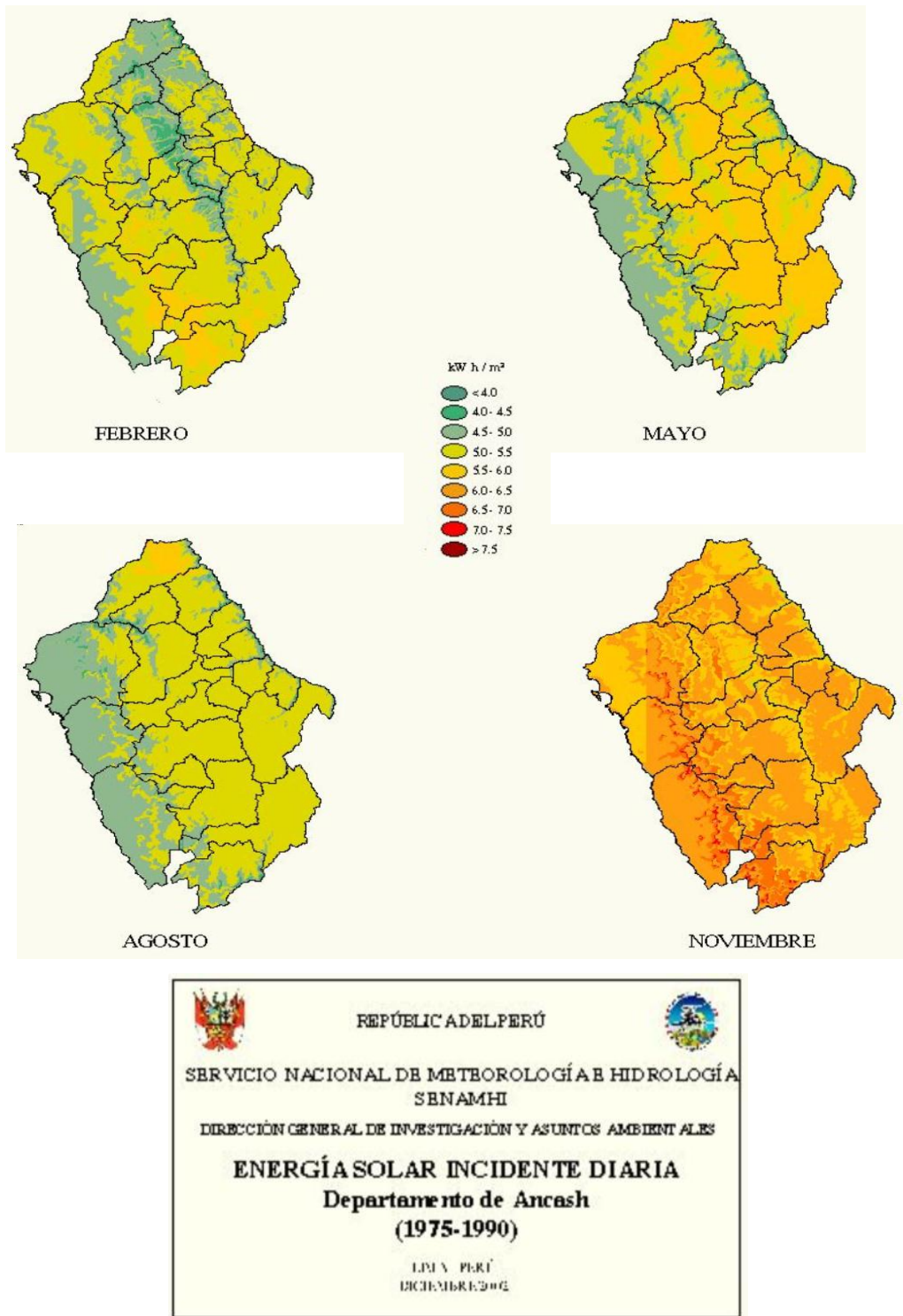


Figura 1.11: Atlas Solar del Peru, Departamento Ancash (Fuente MEM Perú)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Caleta de pescadores “La Gramita” se encuentra ubicada en las costas de la provincia de Casma, en el departamento de Ancash. (Lugar: Distrito de Casma, Provincia de Casma, Region Ancash, Perú)



Figura 1.12: Caleta de pescadores La Gramita
(Fuente <http://www.deperu.com>)

La población no cuenta con el servicio de energía eléctrica siendo complicada su implementación a través de la alimentación de las redes eléctricas del servicio público, ya que la red de media tensión de 10 kV mas cercana se encuentran a 21 km hacia el Norte en la ciudad de Casma y a 32 km al Sur en el distrito de Culebras en Huarney. Desde hace mas de 50 años, los habitantes de este pequeño poblado de pescadores han visto siempre postergados sus anhelos de contar con energía eléctrica, siempre han utilizado como fuente de iluminación las velas, mecheros, y usos esporádicos de pequeños grupos electrógenos en algunas viviendas. Esta caleta tampoco cuenta con servicio de agua y desagüe, el suministro de agua lo compran individualmente a proveedores particulares de agua potable que trasladan en camiones cisternas desde la ciudad de Casma, para los desagües utilizan silos de subsuelo.

Existe un desinterés de parte de las autoridades locales para invertir en el desarrollo y progreso de estos pobladores además de no contar con los estudios técnicos y especialistas en el tema que se encarguen de desarrollar el proyecto técnico para suministro de energía eléctrica que sea sustentable, es decir la

necesidades de la actual generación; sin que se vean perjudicadas las futuras generaciones, pues esta energía es limpia no genera contaminación ambiental.

La electrificación en zonas aisladas actualmente tienen diversas soluciones con el uso de fuentes renovables de acuerdo al potencial existente en cada lugar, de esta forma son aplicables en zonas costeras la generación eólica, fotovoltaica o Híbridos eólicos-fotovoltaicos siendo alternativas sustentables. En el país se encuentran barreras de tipo técnico, por los escasos estudios en diseños de sistemas híbridos de generación con fuentes renovables. También existen barreras de tipo económico por los altos costos de inversión en sistemas con fuentes renovables en relación a los costos promedios a electrificación convencional mediante la ampliación de redes eléctricas del servicio público. En el caso de La Gramita la alternativa dependerá de las instalaciones con sistemas eólicos o híbrido eólico-fotovoltaicos, por lo que hemos prestado especial atención en dimensionar adecuadamente ambos sistemas a fin de lograr la optimización de costos de inversión, operación y mantenimiento siendo una de las más bajas respecto a las otras alternativas de fuente renovable a utilizar o la expansión de la red eléctrica MT desde el punto de alimentación ubicado a 21 km de distancia.

Algunos de los aspectos a evaluar más importantes para que el sistema sea sostenible son:

- Uso de energías renovables en sitios remotos y la disponibilidad de recursos energéticos locales.
- Análisis y evaluación de la Demanda de Potencia.
- El menor costo comparativo de la energía generada.
- Operación y mantenimiento, vital para el servicio
- Seguridad y aceptación local.

En este trabajo se considera el uso de sistemas eólicos o híbridos eólicos-fotovoltaicos que cumplan con los requerimientos antes mencionados para que, aprovechando las características específicas de la zona del litoral de la costa en Casma, tanto en recursos eólicos y solares, permita generar electricidad con

fuentes renovables. Para desarrollar el proyecto tenemos que evaluar lo siguiente:

- El potencial eólico
- El potencial solar
- Dimensionamiento óptimo de sistema eólico e híbrido eólico-fotovoltaico.

1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En nuestro país existen zonas rurales o centros poblados donde las redes eléctricas provenientes del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), no han llegado por lo alejado que estas se encuentran de las redes eléctricas de Transmisión y Distribución, entonces la única forma que tienen los pobladores de estos lugares es la utilización de medios artesanales de iluminación como el uso de velas, mecheros y/o pequeños grupos electrógenos.

Los grupos electrógenos, velas y mecheros liberan dióxido de carbono CO_2 contaminando el interior de las viviendas en las zonas rurales. Entonces una alternativa sustentable de solución para estos lugares es el uso de fuentes de energía renovable, como el viento y la radiación solar es el uso de Sistemas de Generación Eólica y Fotovoltaica.

El problema central es “La falta de Suministro de Energía para mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental”. En la actualidad no existen en el país aplicaciones ni estudios suficientes respecto al uso de sistemas híbridos Eólico-Fotovoltaicos para localidades rurales aisladas

Tenemos que determinar en qué medida el aprovechamiento del recurso eólico y solar en centros poblados aislados de la red de servicio público de eléctrico influye en la reducción de las emisiones de CO_2 y la mejora de la calidad de vida del poblador, mitigando los impactos ambientales

Árbol de Problemas

Efectuando el análisis de causas y efectos identificamos el problema Central. Ver Fig. 1.13 Diagrama de causas y efectos.

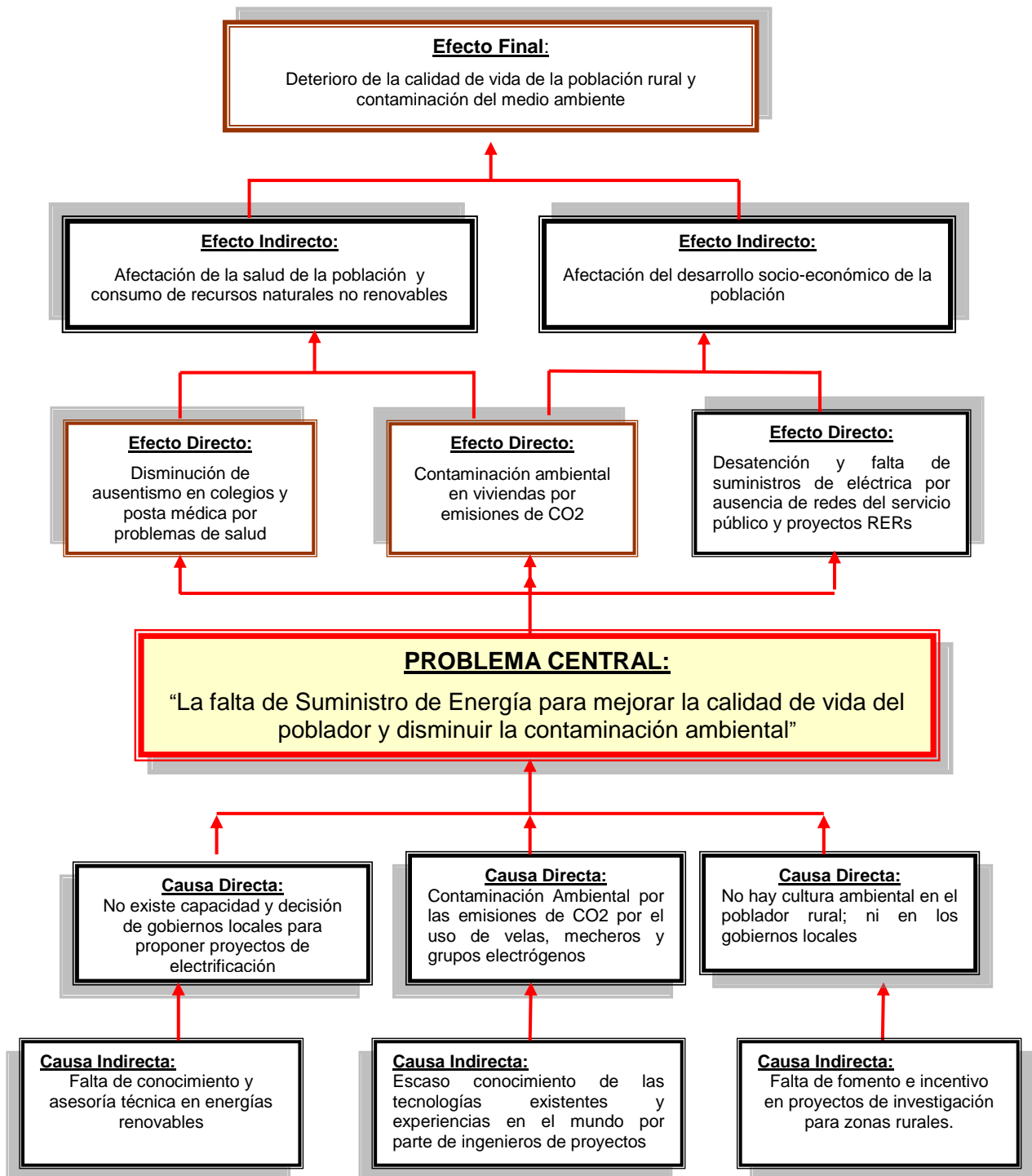


Fig.1.13: Diagrama de Causas y Efectos

1.3 OBJETIVOS

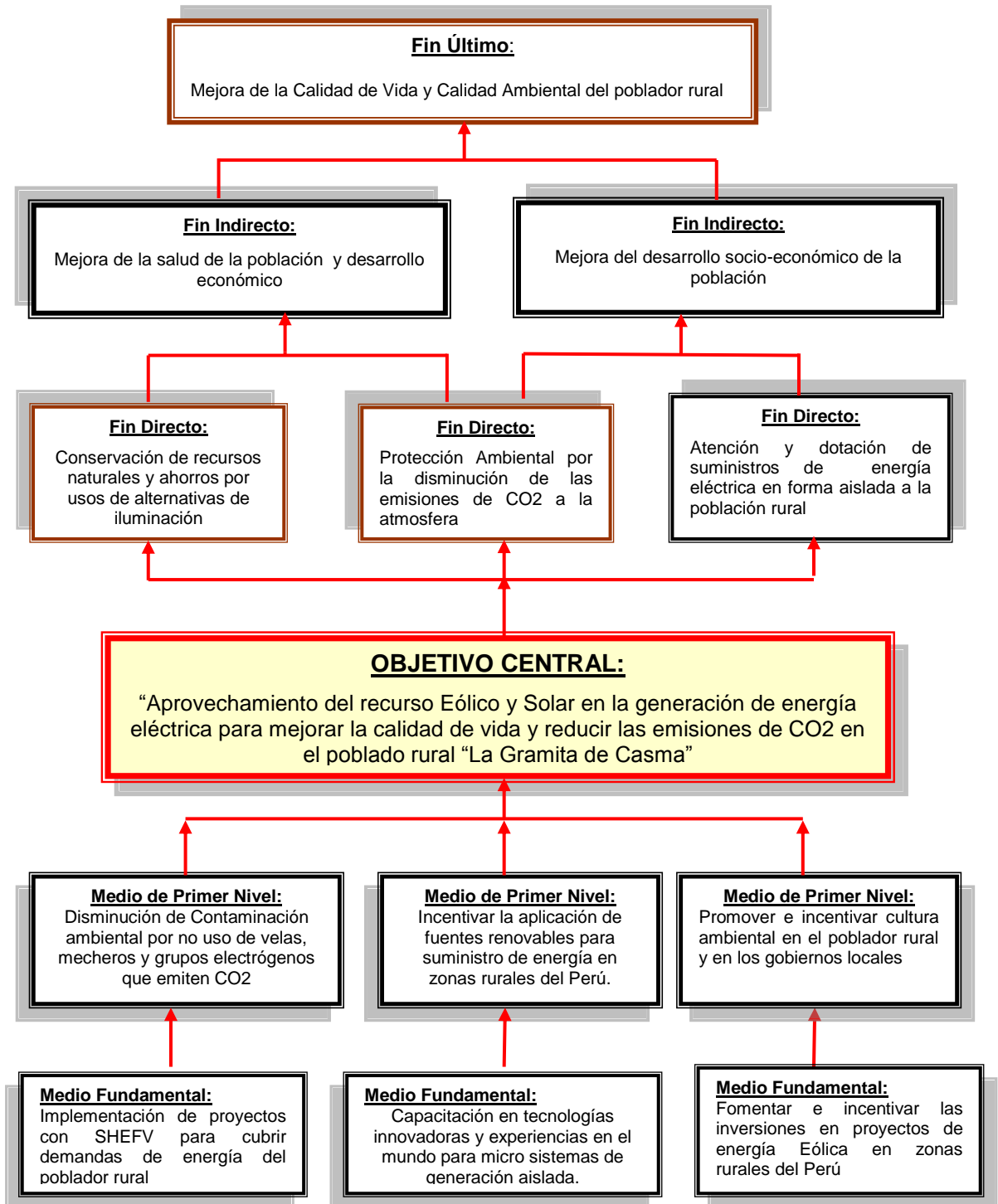


Fig.1.14: Diagrama de Objetivos y Fines

Describiremos el objetivo General y los objetivos específicos

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo es el aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂ en la Caleta “La Gramita de Casma” para mejorar la calidad de vida y disminuir la contaminación ambiental, mediante la combinación óptima de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Como objetivos específicos podemos citar los siguientes:

- Determinar la óptima combinación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico (SHEFV).
- Determinar los requerimientos energéticos del centro poblado “La Gramita de Casma”
- Evaluar el recurso eólico y solar para el aprovechamiento en la producción de energía eléctrica
- Determinar los costos e instalación de los diferentes equipos necesarios para el sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
- Aplicar la tecnología limpia en zonas costeras de todo el litoral peruano denominadas Caletas donde carecen de energía eléctrica y estimar la disminución sus emisiones de CO₂

1.4 HIPOTESIS GENERAL

La hipótesis general planteada en el presente trabajo es que mediante el aprovechamiento de la recurso Solar y Eólico para generar Energía Eléctrica con la sistema hibrido permitirá reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y mejora la calidad de vida en la población rural “La Gramita”

1.4.1 HIPOTESIS ESPECÍFICA

La hipótesis específica planteada en el presente trabajo es que mediante la combinación óptima de un sistema Híbrido eólico-fotovoltaico en los tiempos de operación y generación de energía eléctrica permitirá reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y mejora la calidad de vida en la población rural “La Gramita”

El sistema Híbrido es el que más se acercan a nuestra realidad debido a que las características topográficas y climatológicas ayudan a optimizar estos recursos.

1.5 VARIABLES

1.5.1 RECURSO EÓLICO

El aprovechamiento de este recurso mediante aerogeneradores de baja potencia, reguladores, baterías e inversores nos permite generar electricidad mediante la velocidad del viento de la zona.

1.5.2 RECURSO SOLAR

El aprovechamiento de este recurso mediante los paneles fotovoltaicos, reguladores, baterías e inversores nos permite generar electricidad mediante la radiación solar y un óptimo ángulo de inclinación del panel fotovoltaico en la zona de captación.

1.5.3 REDUCCIÓN DE EMISIONES

Para determinar la reducción de emisiones de CO₂ se requiere saber la energía generada anual que demanda la comunidad rural, en nuestro caso “La Gramita de Casma” y el factor de emisión, luego se calcula en kg CO₂ /año como veremos en el Capítulo 3

1.5.4 CALIDAD DE VIDA DEL POBLADOR

La mejora de la calidad de vida del poblador rural se traduce en bienestar, nivel económico, nivel de educación y cuidados a la salud.

1.6 INDICADORES

1.6.1 INDICADOR DE VELOCIDAD DE VIENTO

La velocidad del viento es la relación de la distancia recorrida por el aire con respecto al tiempo empleado en recorrerla (m/s). Estos son medidos por instrumentos rotarios y de presión, entre los cuales, el más común es el anemógrafo mecánico tipo Woelfle el cual consta de una veleta y un medidor de velocidad (cazoletas) conectados a unos rodillos que escriben sobre un papel

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de velocidad del viento reportada para las estaciones de monitoreo que conforman la red meteorológica, como se define en el Mapa Eólico del Perú. El procedimiento implica la selección de la estación o estaciones que resulten representativas del área para la cual se calculará el indicador. Se emplean datos de estaciones que resulten confiables, dispongan de datos históricos que permitan análisis de series de tiempo, y garanticen su permanencia en el tiempo.

1.6.2 INDICADOR DE IRRADIANCIA SOLAR

Irradiancia Solar es la potencia solar incidente en una superficie por unidad de área. Sus unidades son W/m^2 . la Irradiación solar o irradiación solar global (H) es la Energía solar incidente en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiancia en un periodo de tiempo. Sus unidades son J/m^2 o kwh/m^2 . Es aquella radiación procedente (directa y difusa). Los fabricantes de paneles fotovoltaicos determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de $1 kW/m^2$

1.6.3 INDICADOR DE FACTOR DE EMISION

El factor de emisión (FE) tiene es proporcionado por el FONAM Perú 2007 y se calcula de la siguiente manera:

$$FE=0,54 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq /MWh.}$$

Luego podemos determinar la reducción de emisiones de CO₂

Emisiones de CO₂=Egenerada anual *FE.

1.7 JUSTIFICACION

En la caleta La Gramita no es factible la ampliación de las redes eléctricas del servicio público para el suministro de electricidad, por su alto costo económico y el bajo consumo que estos demandan, en este caso las energías renovables como fuente de generación eléctrica aislada son el principal recurso a tener en cuenta, comparado con la generación térmica.

El diseño de un Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para el centro poblado “La Gramita de Casma” brinda la posibilidad de utilizar energías alternativas, además de proporcionar la energía requerida, permite un ahorro monetario y aporta con la conservación del medio ambiente.

El área geográfica en la cual se encuentra el centro poblado “La Gramita de Casma” proporciona los recursos solares y eólicos necesarios para la implementación de sistemas que permitan su aprovechamiento, en este caso un sistema híbrido. La ventaja de diseñar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico es que nos permite garantizar la continuidad del servicio eléctrico, ya que posee dos fuentes de energías renovables.

El presente estudio pretende despertar el interés de entidades y gobiernos locales para fomentar la implementación de tecnologías limpias en sus edificaciones e incluso solucionar la falta de energía eléctrica en lugares inaccesibles o lejanos para la red eléctrica nacional.

1.8 NIVEL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La Caleta La Gramita, esta situado en la siguiente coordenada 09° 16' 11" Latitud Sur, Longitud de 78° 29' y a una altitud de 808 msnm, tiene una población de 296 habitantes y 74 viviendas, es uno de las playas del litoral en la

provincia de Casma ubicado a 345 Km al norte de la ciudad de Lima. Sus referencias de comunicación vial son:

- Norte: con el distrito de Casma, ciudad ubicada a 21 Km,
- Este: con la Carretera Panamericana Norte, vía de acceso de 2 km.
- Sur: con el distrito de Culebras de Huarmey, ubicada a 35 km
- Oeste: con el océano pacífico

La caleta es una extensa playa arenosa, con fuerte oleaje y muchos recursos marinos. También permite al visitante la mejor elección para disfrutar de tranquilidad e intimidad, con actividades como la pesca, buceo, paseo en bote y recolecta de moluscos o mariscos.

La Gramita forma parte de un circuito arqueológico muy importante que existe en la Provincia de Casma, comenzando por Las Aldas, el Huaro y su reserva de lobos marinos, Chanquillo y finalmente Sechín, todos estos lugares guardan secretos milenarios sobre los primeros hombres que poblaron estos territorios. En la caleta se puede comprar pescado fresco en las mañanas o en las tardes, cuando los pescadores vuelven de la faena de pesca.

La presente investigación se caracteriza por lo siguiente:

- Tipo de Investigación :- Aplicada
- Nivel de Investigación.- Experimental. Empleo de software
- Campo de Investigación.- Energía Eléctrica
- Área de Investigación.- Energías Renovables
- Aspecto a Investigar.- Producción de energía eléctrica aprovechando los recursos renovables (eólicos y solares)
- Delimitación espacial

La investigación se desarrolló para el espacio geográfica del sector La Gramita, se encuentra ubicada en el Distrito de Casma, Provincia de

Casma, Departamento de Ancash, altura del Km 347 de la Panamericana Norte.

- Delimitación Temporal

El estudio se desarrollo durante el año 2013

1.9 POBLACION Y MUESTRA

Población Actual

En el 2013 La Gramita de Casma contaba con una población de 296 habitantes distribuidos en 76 viviendas rústicas, estas se encuentran dispersas en un kilometro de extensión

Características de la población futura

El proyecto a realizar está pensado para que pueda cubrir las necesidades energéticas de la población durante al menos un periodo de 20 años. Por ello, será necesario calcular la población que habrá en un futuro. De esta forma, se hará una estimación de lo que será en ese momento la demanda energética y así se podrá verificar si con la instalación realizada ahora se seguirán cubriendo las necesidades energéticas de dentro de 20 años.

Para el cálculo de la población futura se utilizará la siguiente fórmula:

$$Pf= Pa (1+i/100)^t$$

Por tanto, la población estimada en 20 años será de 535 habitantes, distribuida en 137 familias.

Pr: Población futura

Pa: Población actual

i: tasa de crecimiento

t: periodo de crecimiento

En este caso

$P_a = 296$ habitantes

$i = 3\%$ (dato tomado del INEI)

$t = 20$ años

Demanda Energética de la Población

Para la realización de este estudio se va a partir de la demanda máxima de los consumidores, teniendo en cuenta la potencia instalada, así como los factores de demanda, de simultaneidad y de utilización. Además, se distinguirá entre categoría residencial, que considerará a las familias, y categoría de uso común, en el que se incluirá una posta médica, local comunal, local de pescadores, escuela y alumbrado público.

Los datos que se recogen sobre los consumos energéticos tanto familiares como generales están tomados de una serie de encuestas y datos de muestra de viviendas típicas de la zona, Caleta "La Gramita".

Los resultados de dichas encuestas ponen de manifiesto que en estas comunidades el consumo energético no es comparable con el de las ciudades electrificadas. La energía se utiliza sobre todo para la iluminación de las casas y para la cocción de los alimentos, para encender electrodomésticos y en negocios y restaurantes de la zona. Para ello, las fuentes energéticas que se utilizan son el carbón, las velas, kerosene para los mecheros, pilas y en algunos casos grupos electrógenos, como se aprecia en la Tabla 1.2

Fuente	Cantidad/día	Un	Factor Equiv. (kWh/Un.)	US\$/día	Total kWh/día
Carbón	0,21	kg	2,5	0,16	0,525
Velas	0,30	U	0,045	0,03	0,0135
Kerosene	0,25	l	0,8	0,59	0,2
Pilas	0,20	U	0,056	0,02	0,0112
Gasolina	6,47	l	7,5	8,5	48,50025
				9,3	49,250

Tabla 1.2: Consumo energético diario. Fuente: elaboración propia

1.10 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

El estudio de “Aprovechamiento del recurso Eólico y Solar en la generación de Energía Eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂ a la atmosfera en el poblado rural La Gramita de Casma” se desarrolla no solo con la finalidad de suministrar energía eléctrica y reducir las emisiones de CO₂ del vida del poblado rural; sino también de contribuye a mejorar la calidad de vida del poblador rural de “La Gamita de Casma” por el no uso de velas, mecheros y grupos electrógenos, teniendo acceso a la energía eléctrica limpia.

Los sistemas aislados basados en generadores fotovoltaicos y eólicos con acumuladores de baterías son una opción para la alimentación de pequeñas cargas en lugares remotos. Para dimensionar un sistema híbrido es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad. De todas las opciones la óptima se obtiene al valorar el costo económico de cada una de las posibilidades.

Para esto se toma como referencia estudios similares desarrollados en otros países y aportes propios que permitieron proponer una metodología para optimizar el diseño, teniendo en cuenta los costos de inversión, la carga demandada crítica de uso común y la confiabilidad del sistema (criterio n-1)

Etapas del proyecto

Las etapas son: Inicio, Desarrollo, Seguimiento y Mejora Continua.

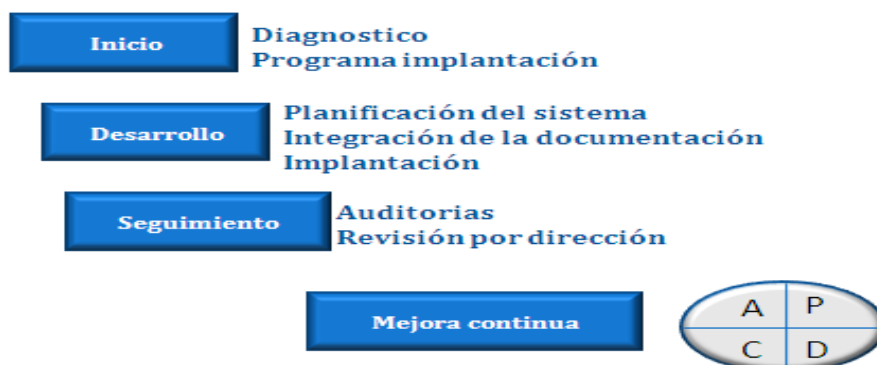


Figura 1.15: Procesos de Estrategias de Solución

En los procesos se realizará lo siguiente:

- Inicio:
 - Diagnóstico
 - Identificación del problema
 - Conocer las necesidades de electrificación.
 - Evaluación de las fuentes renovables existentes
 - Tecnología de equipos a utilizar
 - Programa de implantación
 - Etapa de desarrollo del proyecto
 - Etapa de implementación
 - Etapa de operación
- Desarrollo:
 - Planificación
 - Obtener de alguna fuente o generar información de los recursos energéticos aplicables.
 - Procesamiento de la información.
 - Calculo de las necesidades de energía.
 - Criterios de selección de lugar de instalación
 - Dimensionamiento y evaluación de alternativas (Programa Excel, Elaboración propia).
 - Integración de la documentación
 - Presentación de resultados del Proyecto
 - Implementación y ejecución
 - Instalación del Sistemas Híbrido Eólico-fotovoltaico
 - Capacitación del personal y usuarios
- Seguimiento y verificación:
 - Auditorias / Controles
 - Operación y mantenimiento
 - Mediciones y controles
 - Fallas del proyecto implementado
 - Revisión por la dirección

- Acciones Mejora:
 - Recomendaciones de mejora del sistema
 - Recomendaciones de Normativas
 - Conclusiones y recomendaciones

Según lo indicado, el alcance del presente estudio es cumplir con las sub etapas de Diagnóstico, Programa de implantación, Planificación e Integración de la documentación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EL RECURSO EÓLICO

El recurso para la generación de energía eólica es el viento, el cual es generado por corrientes de aire debido al desigual calentamiento de la superficie de la tierra. Así, la no uniformidad del flujo de radiación solar incidente hace que unas zonas se calienten más que otras, provocando movimientos de convección de la masa atmosférica. El aire caliente asciende, arrastrando aire más frío proveniente de una región vecina. Al subir se enfría, por lo que aumenta su densidad, descendiendo para volver a repetir el ciclo. Así, el viento es una masa de aire en movimiento, y como tal, contiene una cierta energía cinética.

Aprovechamiento del viento

La energía del viento se origina por la energía radiante proveniente del sol, la cual se convierte en energía térmica al ser absorbida por la superficie terrestre. En cada uno de los pasos de conversión hay una serie de pérdidas, por lo que solamente un pequeño porcentaje del total de energía absorbida por la superficie terrestre se convierte en viento. A parte de estas pérdidas, también hay que tener en cuenta que del viento no se puede extraer toda la energía. Esto obedece a la Ley de Betz, en la cual se concluye que solamente puede extraerse el 56% de la energía del viento.

Velocidad del viento

A pesar de las muchas ventajas que tiene la energía eólica (no agresiva con el medio ambiente, es inagotable) hay que tener en cuenta que tiene el inconveniente de que el viento es disperso y aleatorio. El gradiente de velocidades es mayor cuanto mayor es la diferencia de presiones y su movimiento está influenciado por el giro de la Tierra. La velocidad del viento es una magnitud vectorial y ésta varía de forma aleatoria tanto en módulo como en dirección y sentido. Los valores medios suelen encontrarse entre 3 y 7 m/s. Sin

embargo, dependiendo de la altitud y la topografía éstos pueden ser mayores o menores (valores mayores en altas montañas, valles estrechos y costas).

2.1.1 LA ENERGIA EÓLICA

Los molinos movidos por el viento tienen un origen remoto. En el siglo VII D.C. ya se utilizaban molinos elementales en Persia para riego y para moler el grano. En estos primeros molinos la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y estaba soportada sobre un eje vertical. Estas máquinas no resultaban demasiado eficaces, pero aún si se extendieron por China y el Oriente próximo.

En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra y se distribuyeron por el continente. Eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para levantar sus aspas al viento. El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV. Consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje de molino y la máquina superior del mismo.

Aplicaciones y desarrollo

El uso de las turbinas de viento para generar electricidad comenzó en Dinamarca a finales del siglo XIX y se ha extendido por todo el mundo. Los molinos para el bombeo de agua se emplearon a gran escala durante el asentamiento en las regiones áridas del Oeste de Estados Unidos. Pequeñas turbinas de viento generadoras de electricidad abastecían a numerosas comunidades rurales hasta la década de 1930, cuando en Estados Unidos se extendieron las redes eléctricas.

Para viviendas rurales, las turbinas de viento son una buena opción (ITDG, 2008), esta tecnología está bastante difundida en el mundo y la metodología de diseño más empleada a escalas de baja potencia son los generadores eólicos de flujo axial con imanes permanentes ideada por Piggott, las mismas pueden ser

fabricadas en un pequeño taller, en la que el rotor es fabricado con laminas circulares de acero que alojan a los imanes permanentes, y el estator es hecho de resina y fibra de vidrio donde se alojan las bobinas, la limitante de estos sistemas es la baja capacidad de generación de potencia eléctrica. Un modo de mejorar la potencia generada en los pequeños sistemas eólicos, es incrementando la intensidad de campo magnético, los imanes permanentes de más bajo costo son los fabricados de Ferrito que tienen una baja intensidad, en su lugar los imanes de Neodimio alcanzan una potencia hasta 4 veces mayor. [7]

Los actuales sistemas de generación eólica-fotovoltaica de baja potencia, aplicables a zonas rurales, tienen limitantes como el costo de fabricación y su eficiencia, lo que requiere la investigación en nuevos diseños para implementar sistemas más óptimos.

Pequeños aerogeneradores

Los pequeños aerogeneradores aumentan cada día su importancia en nuestro país, pero no han visto una disminución en sus costos. No obstante, siguen siendo una de las pocas alternativas, y en algunos casos la única, que pueden solucionar problemas de abastecimiento energético en zonas aisladas. Tal como ocurre con las celdas solares, la gran ventaja de estos pequeños aerogeneradores es la portabilidad del conversor energético. Son una solución excelente sobre todo cuando trabajan en conjunto a otros sistemas energéticos portátiles como en el caso de las celdas solares.

Estos sistemas necesitan de un banco de baterías para poder manejar adecuadamente las fluctuaciones de la generación eléctrica y las fluctuaciones del consumo. Mediante esta interfaz (banco de baterías) se pueden diseñar sistemas donde las baterías cubran requerimientos de potencia superiores a los que los generadores en su estado nominal pueden entregar. Lo que tiene que mantenerse dentro del rango de seguridad es la energía que los recursos naturales pueden entregar a los generadores, la cual tiene que ser mayor a la energía que los consumos van a utilizar.

Generadores Eólicos Horizontales

Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al piso. Ésta es la tecnología que se ha impuesto, por su eficiencia, confiabilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes potencias.

Todos los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre, que tiene que enfrentar al viento de alguna manera. Los aerogeneradores pequeños son dirigidos por una veleta, mientras que los más grandes utilizan un sensor de dirección y son orientados por servomotores. Dado que la velocidad de rotación de las aspas es baja, la mayoría hacen uso de una caja reductora para aumentar la velocidad de rotación del generador eléctrico.

En general, la hélice es emplazada de tal manera que el viento, en su dirección de flujo, la encuentre antes que a la torre (rotor a barlovento). Esto disminuye las cargas adicionales que genera la turbulencia de la torre en el caso en que el rotor se ubique detrás de la misma (rotor a sotavento). Las palas de la hélice se montan a una distancia razonable de la torre y tienen rigidez alta, de tal manera que al rotar y vibrar naturalmente no choquen con la torre en caso de vientos fuertes. A pesar de la desventaja en el incremento de la turbulencia, algunos aerogeneradores, con hélices localizadas en la parte posterior de la torre, han sido construidos debido a que se orientan en contra del viento de manera natural, sin necesidad de usar un mecanismo de control. Sin embargo, la experiencia ha demostrado la necesidad de un sistema de orientación para la hélice que la ubique delante de la torre. La mayoría de los aerogeneradores actuales son de este último tipo.

Máquinas Con Rotor a Barlovento

Las máquinas con rotor a barlovento tiene el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. La gran mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño. Por otro lado, también hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa. Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, la potencia del aerogenerador cae

ligeramente. El principal inconveniente del diseño corriente es que el rotor necesita ser bastante inflexible, y estar situado a una cierta distancia de la torre.



Figura 2.1: Aerogenerador a barlovento

Máquinas Con Rotor a Sotavento

Las máquinas con rotor a sotavento tiene el rotor situado en la parte trasera de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser construidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente.

Otra ventaja más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de peso como de dinámica estructural de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que le quitarán parte de la carga a la torre.

El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre. Esto puede crear más cargas de fatiga en la turbina que con un diseño corriente arriba.



Figura 2.2: Aerogenerador a sotavento

Aerogenerador Tripala

La mayoría de los aerogeneradores modernos tiene diseño tripala, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos en su mecanismo de orientación. A este diseño se le suele llamar el clásico “Concepto Danés”, y tiende a imponerse como estándar al resto de conceptos evaluados. La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño. El concepto básico fue introducido por primera vez por el célebre aerogenerador de Gedser.

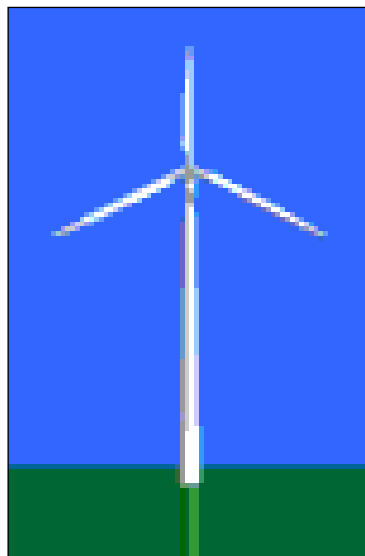


Figura 2.3: Aerogenerador horizontal tripala

Flujo de la Energía Eólica

La energía eólica tiene una procedencia directa de la energía solar, entre el 1% y 2% de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica, una característica fundamental de ese tipo de energía es su gran aleatoriedad, por lo que resulta complicado estimar la cantidad de energía eólica de la que vamos a disponer en un intervalo determinado de tiempo, además presenta una gran variación local, superior a la de la energía solar.

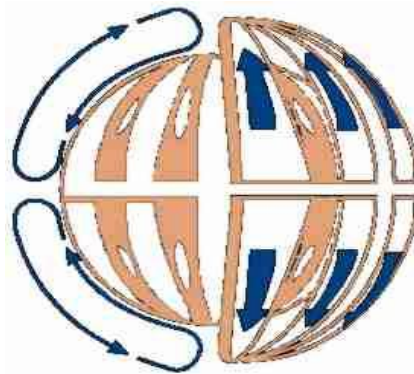


Figura 2.4: Flujo de la Energía eólica

La energía eólica es la energía cinética que posee una masa de aire que se encuentra en movimiento, asimismo la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, en otras palabras, cuanto "más pesado" sea el aire, más energía recibirá la turbina. Por lo tanto la variable básica de la que debemos partir para estimar el potencial eólico de un determinado emplazamiento, es la velocidad de viento.

Energía y potencia del Viento

La distribución de las velocidades del viento está caracterizada por medio de su velocidad media, y sus variaciones. Para ello, se emplean para modelarla distribuciones probabilísticas continuas, como la de Weibull (Figura 2.5)

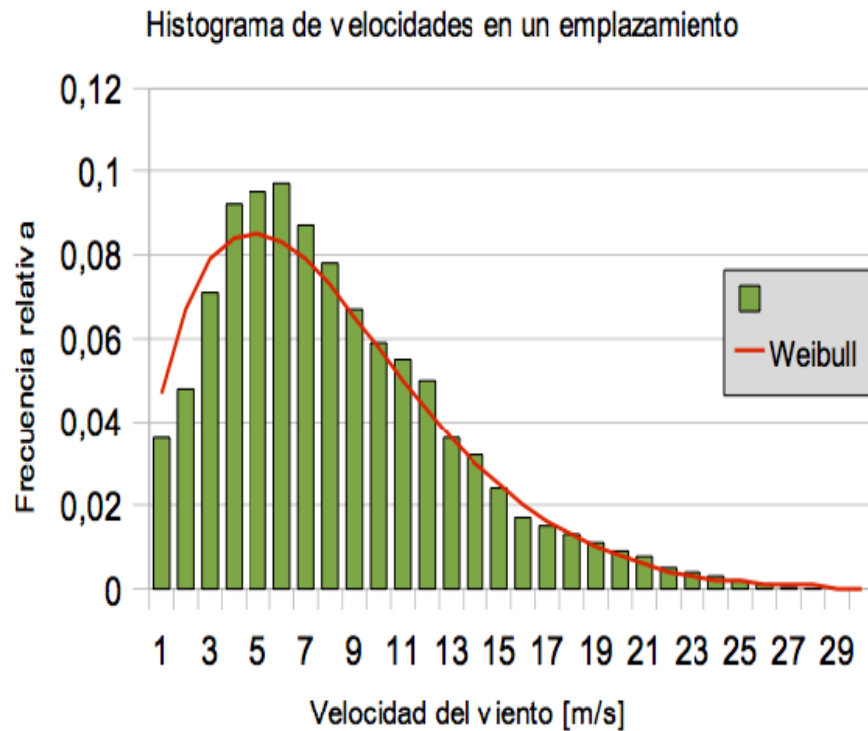


Figura 2.5 Histograma de las velocidades del viento

La rugosidad

Es importante cuantificar el efecto de la morfología del territorio circundante al aerogenerador sobre la velocidad del viento. Para esto se define la “rugosidad” expresada por la ecuación 2.1. Esta función se modifica dependiendo de los obstáculos físicos presentes en el entorno que inciden sobre el desplazamiento del aire (ver tabla 2.1)

$$v(z) = v_{ref} \cdot \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \quad (2.1)$$

- z es la altura desde el suelo
- v_{ref} es la velocidad medida a una altura z_{ref}
- z_0 es la longitud de la rugosidad (ver tabla 3.2)

Tabla 3.2 Coeficientes de rugosidad

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad [m]	Índice de energía(%)
0	0.0002	100
0.5	0.0024	73
1	0.03	52
1.5	0.055	45
2	0.1	39
2.5	0.2	31
3	0.4	24
3.5	0.8	18
4	1.6	13

Tabla 2.1: Coeficiente de rugosidad

Clase de rugosidad	Tipo de paisaje
0	Superficie del agua
0.5	Terreno completamente abierto con una superficie lisa
1	Agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos
1.5	Agrícola con algunas casas y setos (dist. 1250[m])
2	Agrícola con algunas casas y setos (dist. 500[m])
2.5	Agrícola con muchas casas, arbustos y planta(dist. 250[m])
3	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola
3.5	Ciudades más grandes con edificios altos
4	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

Tabla 2.2: Clase de rugosidad por paisaje

2.2 EL RECURSO SOLAR

El recurso se origina por la radiación solar, la energía solar es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

Aprovechamiento del Sol

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la

luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica

Irradiancia Solar

Es la potencia solar incidente en una superficie por unidad de área (RISOL, 1999). Sus unidades son W/m²

2.2.1 LA ENERGIA SOLAR

El sol es una fuente de energía formidable, como todas las estrellas, el Sol es un gigantesco reactor nuclear (su masa es del orden de 330000 veces la de la Tierra) en el que la masa se convierte en energía radiante continuamente. Está formada por diversos elementos en estado gaseoso (hidrógeno principalmente). Tiene un diámetro de 1,4 millones de km. En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, que hace que en el seno del Sol se produzcan, de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar al átomo de helio liberando una gran cantidad de potencia, del orden de 3891024 W, este es el origen de la energía solar. Esta energía por encontrarse a 150 millones de Km. llega en forma de radiación a la Tierra, la potencia que llega es de unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre emplea.

La radiación solar

Es la energía electromagnética (del sol) emitida, transmitida o recibida (RISOL 1999), podemos considerarla también como una lluvia de pequeñas partículas llamadas fotones. Los fotones viajan a la velocidad de la luz ($c=3.108m/s$), independientemente de su longitud de onda λ , el comportamiento de la radiación solar está determinado por la ecuación $\lambda=c/v$, donde v es la frecuencia de la propagación de los fotones.

La radiación solar terrestre, como en la atmósfera se refleja parte de la radiación que llega del sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la tierra

llega, lógicamente una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmósfera. Viene a ser de unos 900 W/m^2 , la cual cambia dependiendo de la hora del día, del día del mes y del mes del año.

La radiación solar extraterrestre, es la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (por término medio) sobre una superficie enfrentada al Sol (perpendicular a los rayos solares), situada en el límite de la atmósfera, a la distancia media entre la tierra y el Sol cuyo valor medio es 1353 W/m^2 , esta radiación está formada aproximadamente en:

- 47% por el espectro visible.
- 46% por el espectro infrarrojo.
- 7% por el espectro ultravioleta.

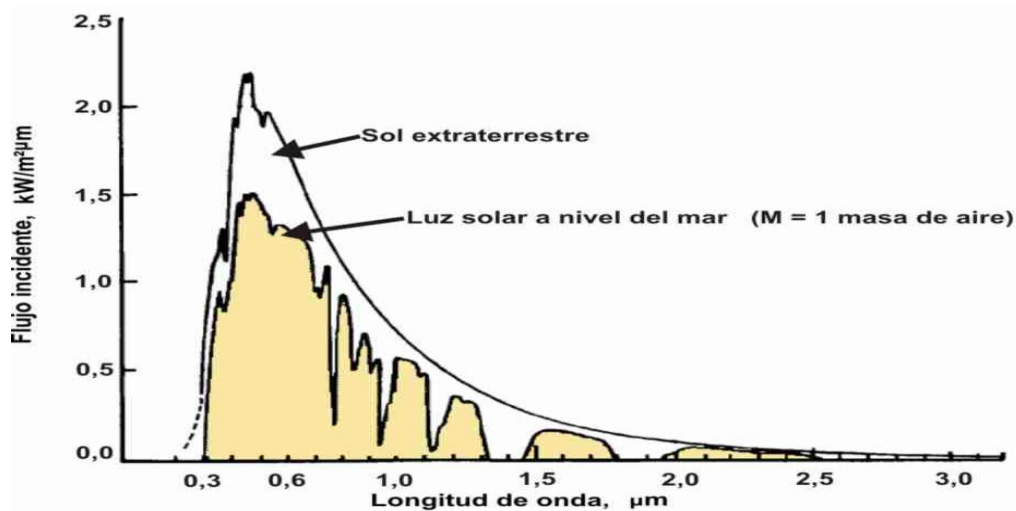


Figura 2.6: Espectro electromagnético del Sol sobre la superficie de la Tierra

Para especificar la Radiación Solar Terrestre, es necesario definir los siguientes conceptos:

- **Radiación Solar Directa:** Es la radiación que incide directamente del sol.
- **Radiación Solar Difusa:** Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.)
- **Radiación Solar Reflejada (albedo):** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos

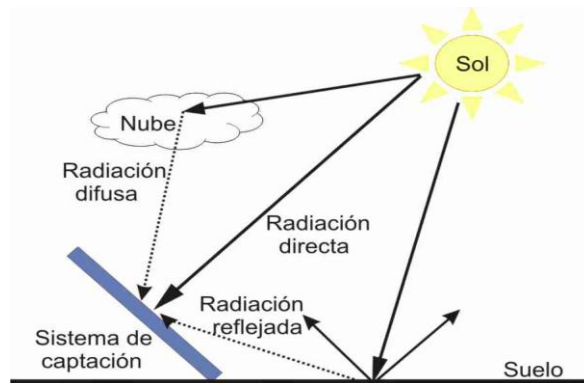


Figura 2.7: Componentes de la radiación solar terrestre total.

La radiación solar total sobre la superficie terrestre, es la suma de estas tres componentes y es la que se mide con un medidor de radiación solar llamado piranómetro. A continuación definiremos los componentes de la radiación solar:

- **Coefficiente de Absorción:** Es el porcentaje de la energía incidente que absorbe el cuerpo.
- **Coefficiente de Reflexión:** Es el porcentaje de la energía incidente que refleja el cuerpo.
- **Coefficiente de Transmisión:** Es el porcentaje de la energía incidente que es transmitida a través del cuerpo.

Luego, por el Principio de Conservación de la Energía:

$$G = G.\alpha + G.\rho + G.\tau \quad (2.2)$$

$$\rightarrow \alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.3)$$

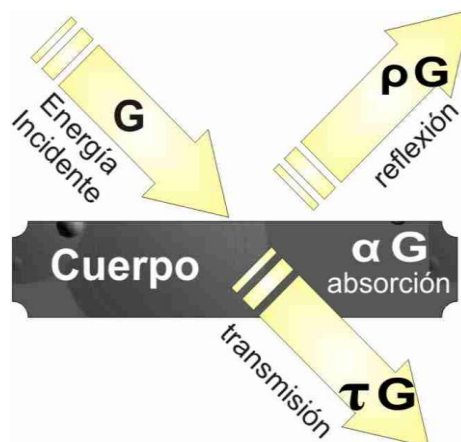


Figura 2.8: Balance energético sobre un cuerpo

- Para un cuerpo negro: $\alpha=1$; $\rho=\tau=0$
- Para un cuerpo opaco: $\tau=0$; $\alpha+\rho=1$

En general, α , ρ y τ ; dependen de la temperatura del cuerpo, pero para fines prácticos, se pueden considerar como constantes características de cada material.

2.2.2 SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO (SHEFV)

La alternativa de solución al problema identificado está basada en el análisis de dos alternativas como la implementación de aerogeneradores de eje horizontal de mediana potencia y la implementación de Sistemas Híbridos Eólico-Fotovoltaicos aislado para generación de energía eléctrica que alimente a la población de la Caleta La Gramita a través de redes aéreas eléctricas de 220 V.

Para tal fin es necesario revisar los conceptos teóricos de cada componente técnico que involucra este proyecto, tales como las fuentes de energía solar, las tecnologías de equipos a utilizar, mecanismos de financiamiento, etc. Las energías renovables que se utilizan en el Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico-SHEFV son:

- A. La Energía Eólica
- B. La Energía Solar

Este sistema autónomo basado en generadores eólico y fotovoltaico con almacenamiento por medio de baterías es una opción para suministrar electricidad las 24 horas del día alimentando pueblos remotos o áreas aisladas (emplazamientos remotos).

Para dimensionar los sistemas monovalentes utilizados en el sistema híbrido se relacionan los datos meteorológicos (velocidad del viento y radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, fotovoltaico y baterías), para calcular:

- C. El Potencial Energético de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV)

Los sistemas Eólico y Solar son los sistemas que van a transformar las energías Eólica y Solar en energía eléctrica. A continuación la definición de sistema.

Concepto de Sistema

Sistema es la combinación de partes o elementos reunidos para obtener un resultado o formar un conjunto, de tal forma que un cambio en las partes o elemento afecta al conjunto de todos ellos. Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema y sólo estos formarán el sistema que se ha de estudiar, (Ejemplo sistema nervioso, planetario, binario, informático, energético, educativo).

El sistema debe de contener el menor número posible de elementos, que permita realizar una simulación para explicar al final cual de las propuestas de acción que se ha estudiado es más eficaz para solucionar el problema planteado. Los modelos se crean primero pequeños y con pocos elementos, para luego ampliarse y perfeccionarse, posteriormente se suprimen los elementos que no intervienen decisivamente en el problema, para la construcción del modelo se suceden varias fases de expansión y simplificación de modelos añadiendo y suprimiendo elementos.

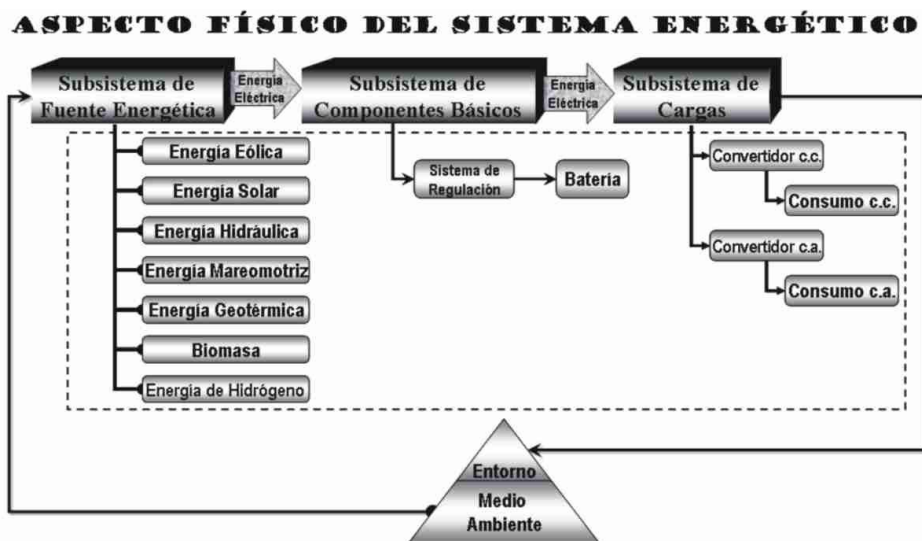


Figura 2.9: Bosquejo de un Sistema

Potencial Energético de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV)

Para dimensionar un sistema híbrido basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad, la óptima opción se obtiene al valorar el coste económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad.

El objetivo ideal sería obtener un conjunto de ecuaciones que ligen los datos meteorológicos (velocidad de viento y radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, fotovoltaico y baterías).

Método de dimensionamiento del Sistema híbrido Eólico Fotovoltaico-SHEFV

Las condiciones climáticas indican la configuración idónea para un determinado emplazamiento. El carácter complementario que presentan la energía eólica y solar en diferentes lugares durante los ciclos estacionales presenta algunas importantes ventajas. Para estos casos los sistemas híbridos ganan fiabilidad respecto a los sistemas con una sola fuente de energía sin necesidad de un sobre dimensionamiento de los convertidores o las baterías.

Entre las ventajas de combinar el uso del viento y el sol para la generación de energía eléctrica es que ofrece reducción del coste total de la instalación. El mayor o menor beneficio de esta opción depende de la anti correlación estacional en el tiempo de ambos recursos (el viento y el sol).

El método de simulación temporal del sistema para una determinada configuración que va variando hasta satisfacer los niveles de fiabilidad que se exige al sistema permite identificar rápidamente las posibles configuraciones con una probabilidad del 99%, se puede aumentar la fiabilidad de los sistemas teniendo en cuenta que ambas fuentes de energía pueden estar en correlación inversa.

Métodos de dimensionamiento del SHEFV

Para dimensionar un sistema fotovoltaico: se debe afrontar la cuantificación del generador y del acumulador, la capacidad del generador (C_A), se define como una relación entre los valores medios de la energía producida por el generador y la energía consumida por la carga. La capacidad del acumulador (C_S), se define como la máxima energía que puede extraerse de él dividida por el valor medio de la energía consumida por la carga, es decir:

$$C_A = \frac{\eta_G G_d(\alpha, \beta) A_G}{L} \quad (2.4)$$

$$C_S = \frac{C_U}{L} \quad (2.5)$$

$$C_U = \frac{C_B}{PD_{\max}} \quad (2.6)$$

Donde:

A_G : Es el área del generador.

η_G : Es la eficiencia de conversión del generador.

$G_d(\alpha, \beta)$: Es el valor medio de la irradiación diaria sobre el plano del generador.

L : Es el valor medio de la energía diaria consumida por la carga.

C_U : Es la capacidad utilizable del acumulador.

C_B : Es la capacidad nominal de la batería.

PD_{\max} : Es la profundidad de descarga máx. de la batería.

Para dimensionar un sistema eólico: se debe cuantificar la energía eólica disponible y los parámetros estadísticos que caracterizan a esta fuente de energía, es decir:

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (2.7)$$

Donde:

E : Energía Cinética.

m : masa de aire.

v : velocidad del viento.

$$e = \frac{\rho v^2}{2} \quad (2.8)$$

donde:

e : energía por unidad de volumen de la corriente de aire.

$$P_d = \frac{\rho v^3 A}{2} \quad (2.9)$$

Donde:

P_d : Potencia mecánica disponible en las masas de aire.

A : Área expuesta a la corriente de aire.

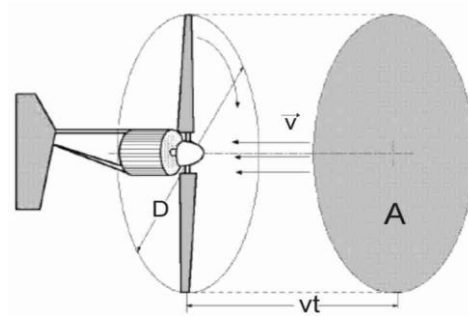


Figura 2.10 Área A barrida por el rotor de diámetro D.

$$\frac{P_d}{A} = \frac{\rho v^3}{2} \quad (2.10)$$

Donde:

P_d : La energía que fluye por unidad de tiempo, o potencia disponible.

ρ : Es la densidad del aire, 1,225 Kg/m³

Para dimensionar un SHEFV: imaginemos un sistema que tiene todo el consumo durante la noche, el acumulador no tiene pérdidas y que la capacidad útil es la nominal. El estado de carga final del acumulador, en el momento al acabar la noche del día vendrá determinado por el estado de carga del día anterior y la energía generada y consumida en el día .

$$SOC_j = SOC_{j-1} + \frac{\eta_G A_G G_{dj}}{C_B} + \frac{24 \cdot P_w [V_{Media}]}{C_B} - \frac{L}{C_B} \quad (2.11)$$

2.3 MARCO LEGAL

- DECRETO LEGISLATIVO DE PROMOCION DE LA INVERSION PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD CON EL USO DE ENERGIAS RENOVABLES, D.L. 1002 (02/05/2008). Tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad.
- LEY DE CONCESIONES ELECTRICAS (DECRETO LEY N° 25844, DECRETO SUPREMO N° 009-93-EM). Se norma la interrelación de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad, lo que permite y asegura una oferta eléctrica confiable, el funcionamiento eficiente del Sistema y la aplicación de una tarifa para los consumidores finales que considera el uso óptimo de los recursos energéticos disponibles.
- REGLAMENTO DE PROTECCION AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES ELECTRICAS (1994/06/08) D.S. N° 29-94-EM (1994/06/07). Se norma la interrelación de las actividades eléctricas en los sistemas de generación, transmisión y distribución con el ambiente, bajo el concepto de desarrollo sostenible, entendiéndose por desarrollo sostenible, como el estilo de desarrollo que permite a las actividades satisfacer sus necesidades sociales, económicas y ambientales sin perjudicar la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las propias.

- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA; Se da la Norma Técnica EM.010 Instalaciones eléctricas interiores. Art. 2º La norma es aplicable en forma obligatoria a todo proyecto de instalación eléctrica interiores tales como: Vivienda, Locales Comerciales, Locales Industriales, (4)
- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. R.D. N° 003-2007-EM/DGE (2007.02.12).
- Código Nacional de Electricidad – Utilización. R.M. N° 037-2006-MEM/DM (2006.01.30)
- Normas internacionales IEC: 61215, 60529 y 60811.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 SISTEMA EOLICO

Un sistema eólico es un conjunto de máquinas eólicas (Aerogeneradores) accionadas por el viento que son capaces de suministrar electricidad a gran escala o a viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales. Las máquinas eólicas de producción de energía eléctrica se diferencian en función de las potencias nominales: a) Grandes aerogeneradores y b) Pequeños aerogeneradores.

a) Grandes Aerogeneradores

Aerogeneradores destinados a la producción de energía eléctrica a gran escala, cuya potencia nominal es de cientos de kilowatios (en la actualidad las máquinas instaladas tienen potencias nominales de 600, 900 kW hasta 5 MW).

Torre: Estructura que soporta el aerogenerador (góndola y el rotor), mejor cuanto más alta es, a mayor altura mayor velocidad de viento, un aerogenerador de 600 kW puede estar en torno a los 50 metros. Las torres pueden ser tubulares (más seguras) o, de celosía (más baratas).

Turbina Eólica: Se encarga de captar energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje.

Los componentes de la turbina eólica son:

Buje: Centro del rotor donde se encastran las palas.

Eje de Buje: Eje de baja velocidad del aerogenerador conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira bastante lentamente, de unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.). El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

Pala: Transforma por aprovechamiento aerodinámico la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.

Góndola: Ubicada en la parte superior del aerogenerador, dentro se encuentran el multiplicador, el generador eléctrico o el sistema de orientación, los 2 primeros son componentes claves del aerogenerador. Las palas, el rotor del aerogenerador y el buje están situados a la izquierda de la góndola.

Los componentes de la góndola son:

Anemómetro: Mide la velocidad del viento, envía señales al controlador electrónico conectando el aerogenerador cuando el viento alcance la velocidad de arranque, Si la velocidad es superior a la de corte, el ordenador parará el aerogenerador para evitar los desperfectos.

Controlador electrónico: Equipado con un ordenador para monitorear las condiciones del aerogenerador y controlar el mecanismo de orientación, en caso de disfunción automáticamente detiene el aerogenerador y da aviso al ordenador del operario encargado de la turbina.

Eje de alta velocidad con su freno mecánico: Gira aproximadamente a 1,500 revoluciones por minuto (r.p.m.) lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

Generador eléctrico: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen fundamentalmente 3 tipos de generadores: Generador asíncrono de jaula de ardilla, Generador asíncrono de rotor bobinado y Generador síncrono de imanes permanentes.

Multiplicador: Sistema mecánico encargada de elevar la velocidad de giro del sistema mediante un conjunto de engranajes comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o de entrada, desde la velocidad de la turbina (20-30 rpm) a la velocidad del generador (1000-1500 rpm).

Mecanismo de Orientación: Utilizado para mantener el rotor de la turbina en posición contra el viento (perpendicular a la dirección del viento) para que a través del rotor pase la mayor proporción posible de energía eólica.

Sistema Hidráulico: Restaura los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

Unidad de Refrigeración: Compuesta por un ventilador eléctrico y una unidad de refrigeración de aceite, el primero enfría el generador eléctrico y el segundo enfría el aceite del multiplicador, otras turbinas son enfriados por agua.

Veleta: Mide la dirección del viento, envía señales al controlador electrónico de forma que hace girar el aerogenerador en contra del viento utilizando el mecanismo de orientación.

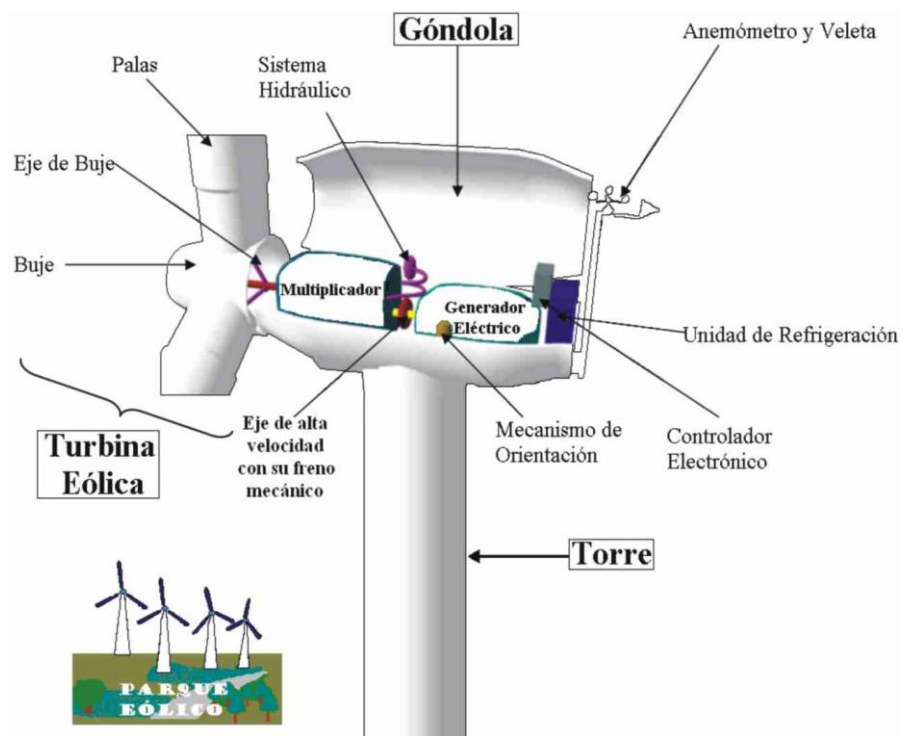


Figura 2.11: Grandes Aerogeneradores y sus partes.

b) Pequeños Aerogeneradores

Este tipo de generadores suelen ser instalados en zonas alejadas del suministro eléctrico o trazado de la red general de distribución eléctrica, el tamaño y tipo de instalación depende únicamente de las necesidades del usuario de la instalación y es característico en ellos que la instalación se sitúe muy cerca del centro de consumo (viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales), requiriéndose frecuentemente la existencia de acumuladores.

Las instalaciones más frecuentes emplean tecnologías muy fiables en las que es necesario un mantenimiento básico, las aeroturbinas empleadas en las instalaciones de pequeña potencia son aerogeneradores de alta velocidad ($\lambda > 2$), normalmente utilizadas para suministro eléctrico a viviendas aisladas y/o otros centros de consumo, la potencia de estas aeroturbinas varían entre 100 W y 10 kW. Estos aerogeneradores son muchos más sencillos que los descritos anteriormente para sistemas de generación a gran escala, sus características fundamentales son:

1. Aerogenerador de viento de baja potencia:

Turbina: Puede tener 2 o 3 palas realizadas en fibra de vidrio y carbono.

Generador: Es de imanes permanentes y esta acoplado directamente a la turbina (no utiliza multiplicador).

Sistema de Orientación: Ejerce el papel de sistema primario de protección ante velocidades elevadas de viento, consiste en una cola, tal como se ve en la figura (abajo). Los sistemas de orientación automática están diseñados especialmente para conseguir una sensible timonización ante rachas de viento de bajas velocidades, cuando las velocidades se acercan a valores demasiado elevados para el buen funcionamiento de la máquina, este sistema produce la progresiva desorientación del aerogenerador que lo lleva a dejar de funcionar.

Salida del sistema: Depende del sistema al que se desee abastecer puede ser en corriente continua o alterna.

Torre: Puede ser de celosía o tubular.

2. Equipo de regulación y monitorización del aerogenerador (Segundo sistema de seguridad):

Conjunto de resistencias de frenado y un regulador de carga, que desvía hacia el conjunto de resistencias los excedentes de energía que las baterías de la instalación no pueden asumir, evitándose de este modo que el aerogenerador tenga que estar funcionando en vacío y por lo tanto girando a velocidades peligrosamente elevadas, en los períodos de tiempo en que las baterías presentan elevados niveles de carga.

3. Banco de Baterías: Almacena energía durante varios días, con el objeto de disponer de energía en los períodos de viento flojo o de calma, este sistema es inútil en sistemas de generación eléctrica conectados a la red.

4. Inversor: Transforma y amplifica corriente continua en alterna. Los voltajes continuos pueden ir desde los 12 V hasta los 100 V.

5. Punto de Consumo: Lugares alejados o remotos y centros poblados que no están interconectados a la red eléctrica nacional.

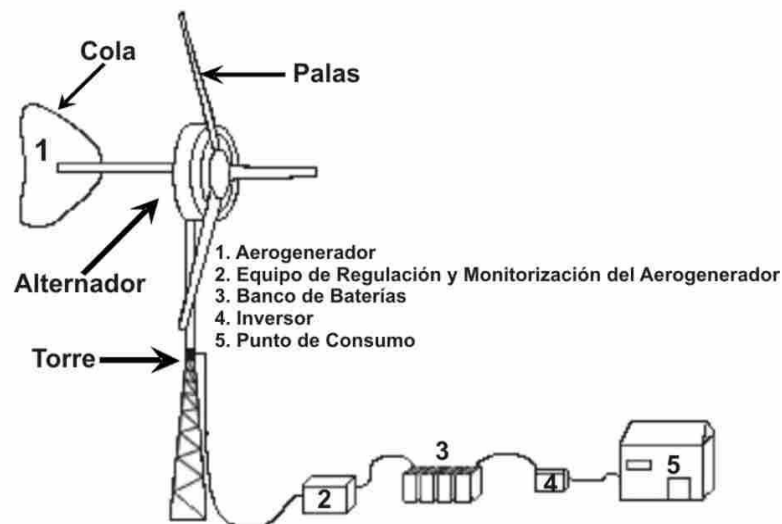


Figura 2.12: Pequeños Aerogeneradores y sus partes.

2.4.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos que son capaces de realizar suministro de electricidad para cubrir las necesidades planteadas a partir de la

energía procedente del sol. El sistema Fotovoltaico está constituida por un conjunto de componentes básicos: paneles fotovoltaicos, regulador, baterías eléctricas, inversor y cargas.

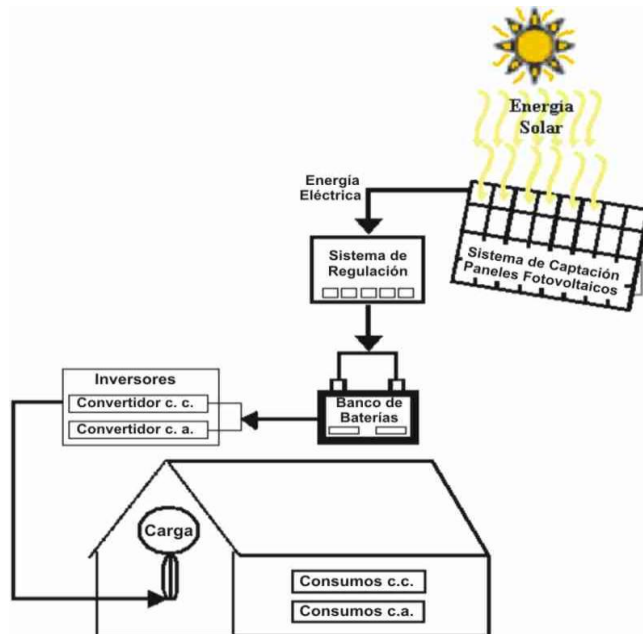


Figura 2.13: Esquema del Sistema Fotovoltaico

Dependiendo del material, los precios de fabricación y la eficiencia del sistema varia como se puede ver en la Tabla 2.3

El Panel Solar

El panel solar consiste en celdas solares que colectan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica. A esta parte del sistema se la conoce generalmente como modulo solar (Figura 2.15) o generador fotovoltaico. Un banco de paneles se instala conectando un conjunto de paneles en serie y/o en paralelo a fin de proporcionar la energía necesaria para una carga específica. La corriente que da un banco de paneles varía proporcionalmente a la radiación solar. Esta variara en el tiempo debido a las condiciones climatológicas, la hora del día, la estación del año, etcétera.

El rendimiento eléctrico de un modulo solar está representado por la curva característica I-V(Figura 2.15), que representa la corriente generada en función del voltaje para una radiación específica.

Tecnología	Símbolo	Características	Eficiencia de celdas en lab(%)	Eficiencia típica comercial(%)
Silicio monocristalino	sc-Si	Tipo oblea	24	13-15
Silicio policristalino	mc-Si	Tipo oblea	19	12-14
Películas de silicio cristalino sobre cerámica	f-Si	Tipo oblea	17	8-11
Silicio amorfo (incluye tandems de silicio-germanio)	a-Si	Película delgada	9	
Diseleniuro de cobre-indio / galio	CIGS	Película delgada	18	8-11
Telurio de cadmio	CdTe	Película delgada	18	7-10
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO_2 sensibles a la humedad)		Película delgada	11	
Celdas tandem de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	33(tandem) 28(solo)	

Tabla 2.3: Eficiencia fotovoltaica en distintos materiales



Figura 2.14: Panel Solar

La curva representa todos los valores posibles de voltaje-corriente. Las curvas depende dos factores principales: la temperatura y la radiación solar recibida por las celdas. Para un área de una celda solar dada, la corriente generada es directamente proporcional a la irradiancia solar (G), mientras que el voltaje se

reduce ligeramente con un aumento de temperatura. Un buen regulador trataría de maximizar la potencia que proporciona un panel adaptándose al punto que proporciona el valor máximo del producto de la corriente y el voltaje ($V \times I$).

Hay diferentes tipos de módulos disponibles en el mercado dependiendo de las exigencias de potencia de su aplicación. Los módulos más comunes se componen de 32 ó 36 celdas solares de silicio cristalino. El área del modulo varia comúnmente entre 0,1y 0,5 m². Los paneles solares usualmente tienen dos contactos eléctricos, uno positivo y uno negativo.

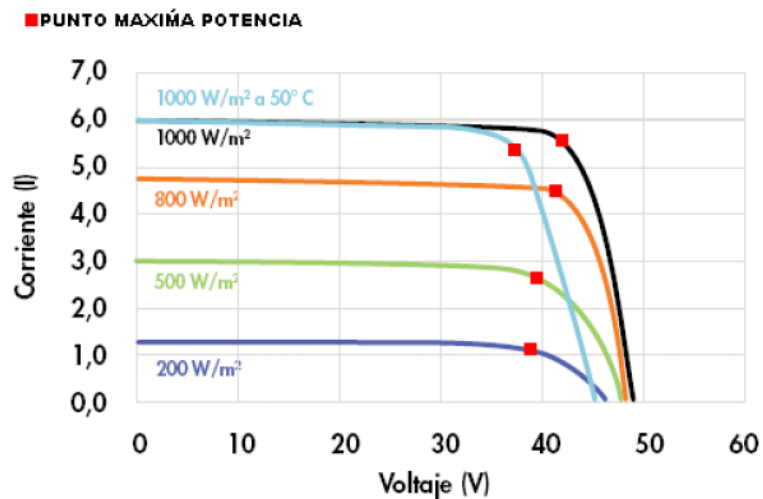


Figura 2.15: Curvas I-V con diferentes irradiancias y temperaturas de 50° y 25°

Los principales parámetros que caracterizan un panel solar son:

- 1. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (ISC):** Es la máxima intensidad de corriente que proporciona el panel, y corresponde a la corriente que entrega cuando se conectan directamente los dos bornes.
- 2. TENSION DE CIRCUITO ABIERTO (VOC):** Es el máximo voltaje que proporciona el panel y ocurre cuando los bornes no están conectados a ninguna carga (circuito abierto). VOC suele ser de 22 V para paneles que vayan a trabajar a 12V, y es directamente proporcional al número de celdas asociadas en serie.

3. PUNTO DE MAXIMA POTENCIA (Pmax): Es un punto de funcionamiento para el cual la potencia entregada es máxima, donde $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$. El punto de máxima potencia del panel se mide en Vatios (W) o Vatios pico (WP). Es importante no olvidar que en condiciones normales el panel no trabajaría en condiciones pico ya que el voltaje de operación está determinado por la carga o la batería. Los valores típicos de V_{max} y de I_{max} son algo menores a los de ISC y VOC.

4. FACTOR DE FORMA (FF): El factor de forma es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto de $ISC \times VOC$. Da una idea de la calidad del panel porque es una medida de lo escarpada que es su curva característica, de forma que cuanto más se aproxima a la unidad, mayor potencia puede proporcionar. Los valores comunes suelen estar entre 0,7 y 0,8.

5. EFICIENCIA O RENDIMIENTO (n): Es el cociente entre la máxima potencia eléctrica que el panel puede entregar a la carga y la potencia de la radiación solar (PL) que incide sobre el panel. Es habitualmente en torno al 10% dependiendo del tipo de celda (mono cristalina, poli cristalina, amorfa o película delgada).

Considerando las definiciones de punto de máxima potencia y de factor de forma, la eficiencia se define con la ecuación 3.12:

$$n = P_{max} / PL = FF \times ISC \times VOC / PL \quad (2.12)$$

Los valores de ISC, VOC, I_{Pmax} y V_{Pmax} son proporcionados por los fabricantes y hacen referencia a las condiciones estándar de medición con valores de irradiancia de $G = 1.000 \text{ W/m}^2$, al nivel del mar, y para una temperatura de las celdas $T_c = 25^\circ\text{C}$.

Para calcular el número de paneles necesario para alimentar una determinada carga, es suficiente conocer los valores de intensidad y tensión para el punto de máxima potencia: I_{Pmax} and V_{Pmax} . Un panel no va a trabajar bajo condiciones ideales ya que ni la carga ni el sistema regulador van a trabajar siempre con el punto de máxima potencia del panel. Para compensar esto, se debe añadir en los cálculos una pérdida de eficiencia del 5%.

Conectar los paneles en serie aumenta la tensión generada mientras que conectarlos en paralelo incrementa la corriente. El número de paneles usados deberán incrementar se hasta que la cantidad de energía generada exceda ligeramente las demandas de su carga.

Orientación de los Módulos Fotovoltaicos:

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre los módulos, al menos en las horas centrales del día.

La orientación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales [15]:

Angulo azimutal de la superficie (δ): ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur).

Inclinación (β): ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando los modulo dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ($\delta = 0^\circ$). Con dicha orientación, la máxima captación en promedio anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan. Las variaciones en la inclinación de 15° respecto al ángulo óptimo produce una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel.

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel debería orientarse al Este ($\delta=75^\circ$) con una inclinación mayor de la acostumbrada (mayor quela latitud). En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo por el aumento de nubosidad en las tardes, provocan que el máximo de captación, no se logre con azimutal = 0° , sino con una orientación ligeramente hacia el Este.

En cualquier caso es recomendable una inclinación mayor de 10° , para que el agua de lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel. Si se asumen algunas pérdidas, en muchos casos pequeñas, se tiene un abanico más amplio

de posibilidades de orientación, lo que puede facilitar la instalación y mantenimiento de los módulos.

Pero siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ($\delta = 0^\circ$, $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$).

En el caso de estudio, por estar ubicados en el Departamento de Ancash Perú, se encuentra en el hemisferio sur, por lo que deberíamos orientar el sistema hacia el norte, y sobre la inclinación por tener latitudes entre 9° y 10° tendremos siempre una orientación de 15° por cuestiones de protección contra paredes artificiales de agua lluvia y acumulación de polvo.

Calculo de sombras:

Las sombras causadas por obstáculos circundantes varían a lo largo del día, dependiendo de la latitud del lugar, la fecha y la hora; causando pérdidas de radiación solar en los captadores. Existen distintos tipos de sombreados:

1. Entre captadores de la instalación solar
2. Por edificios, arboles, montañas, etc.

La distancia mínima entre líneas de colectores debe de ser la adecuada para que la sombra de la arista superior de una fila se proyecte, como mucho, sobre la arista inferior de la siguiente. Este cálculo se lo debe realizar al mediodía solar del día más desfavorable cuando la altura solar sea mínima. Habitualmente en el día más desfavorable del periodo de utilización, la instalación no ha de tener más del 5% de la superficie útil de captadores cubierta por sombras. En la Figura 2.17 Se puede observar cual es la distancia mínima entre paneles.

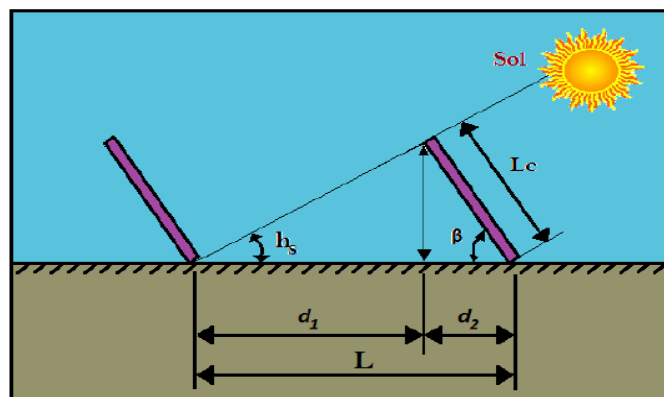


Figura 2.16: Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos

Según la Figura 2.16 la distancia mínima entre captadores se define con la ecuación 2.13:

$$L = d_1 + d_2 = L_c * \left[\frac{\sin\beta}{\tan h_s} + \cos\beta \right] \quad (2.13)$$

Donde L_c es la altura del captador, β es su inclinación, L es la longitud de la sombra y la relación básica entre la longitud de la sombra (L_{sombra}), la altura del obstáculo (H_{obst}) y la altura solar (h_s) es 2.3:

$$\tan h_s = \frac{H_{obst}}{L_{sombra}} \quad (2.14)$$

La metodología usada para el cálculo de sombras provocadas por distintos obstáculos consta de dos pasos:

- Obtención del perfil de obstáculos. Utilizando como referencia la arista N-S se observa el entorno, a ambos lados de esta línea, del captador desde el punto medio de su arista inferior, y se determina las altura angulares (H_{obst}) de los obstáculos definiendo la posición de estos de acuerdo a su ángulo acimutal.
- Representación del perfil de obstáculos. Se analiza la altura angular y la dirección de los árboles y edificios, que se encuentran cerca de la instalación solar, los cuales interrumpen los rayos solares.

Modulo Fotovoltaico

Consiste en un total de 36 celdas fotovoltaicas.

En el caso que el módulo fotovoltaico cuente con un marco, este debe ser de aluminio anodizado y rígido. La fijación del módulo fotovoltaico a su soporte sólo podrá realizarse mediante elementos mecánicos (tornillos, tuercas, arandelas, etc.).

Verificar que no se presenten en el módulo fotovoltaico los siguientes defectos visibles:

- Células rotas o agrietadas.
- Células desalineadas.
- Restos notables de la metalización en la cara frontal de las células.
- Impurezas en el laminado.
- Burbujas en el encapsulado.
- Rotura del vidrio frontal.
- Rotura de la cinta de conexión.
- Ilegibilidad o borrado de la etiqueta.
- Módulo sucio con manchas de silicona o encapsulante.
- Tedlar dañado o perforado.
- Caja de conexiones rota o con desprendimiento total o parcial.
- Intersticios en la unión entre el marco de aluminio anodizado y el módulo fotovoltaico, donde puedan ingresar agua o elementos extraños.

Debe estar certificado de acuerdo a la norma internacional IEC-61215 "Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo", IEEE-1262 "Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules" o equivalente.

Debe tener un certificado de garantía del fabricante sobre la potencia pico del módulo fotovoltaico. Debe indicarse en el certificado la marca, modelo y potencia pico del módulo y el tiempo de garantía

El Regulador de carga

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el modulo, la batería y la carga, e impide las sobrecargas o sobre descargas controlando el voltaje de la batería. La función de regulación de carga idealmente debería depender directamente del estado de carga en la batería.

El regulador de carga se conoce también como controlador de carga o regulador de voltaje (Figura 2.17). El regulador se posiciona entre el banco de paneles, la batería y el equipo o carga.

Los reguladores que se usan en sistemas fotovoltaicos deben conectarse en serie, así desconectan el banco de paneles del banco de baterías para evitar la sobrecarga, y desconectan las baterías de la carga para evitar la sobre descarga.



Figura 2.17: Reguladores de carga

Los reguladores no deben conectarse en paralelo.

Para proteger la batería de la gasificación, el interruptor se abre cuando la tensión en la batería alcanza su tensión de corte alta (high voltage disconnect, HVD). La tensión de corte baja (low voltage disconnect, LVD) impide que la batería se sobre descargue por medio de la desconexión de la carga.

Los reguladores modernos son también capaces de desconectar automáticamente los paneles durante la noche para evitar la descarga de la batería. Pueden también sobrecargarla cada cierto tiempo para incrementar su

vida, y usar un mecanismo conocido como modulación de duración de impulsos (pulse width modulation, PWM) para prevenir la gasificación excesiva.

Como el punto de operación de máxima potencia del banco de paneles va a variar con la temperatura y la iluminación solar, los reguladores modernos son capaces de rastrear el punto de potencia máxima del banco de paneles solares.

Para seleccionar un regulador, debemos conocer al menos, la tensión de trabajo y la máxima corriente que puede manejar. La tensión de trabajo será de 12, 24 o 48 V. La máxima corriente debe ser 20% más grande que la proporcionada por los paneles conectados al regulador.

Otras características y datos de interés son:

- Máxima corriente de suministro a la batería
- Indicador de bajo voltaje de la batería
- Indicador de carga solar
- Voltaje de entrada de carga de batería
- Voltaje de entrada de descarga de batería
- Tipo de regulación
- Dispositivo de reseteo
- Protección eléctrica
- Protección contra polaridad inversa
- Voltajes de entrada regulables
- Su carcasa debe ser a prueba de agua

2.4.3 SISTEMAS DE BATERÍAS

Un sistema de baterías consiste en un conjunto de baterías donde se producen ciertas reacciones químicas reversibles que hacen posible el almacenamiento de energía para ser entregada posteriormente cuando se necesite. La energía eléctrica se transforma en química cuando se carga una batería, y lo opuesto sucede cuando se descarga.

La batería (Figura 2.18) tiene dos propósitos fundamentales en un sistema fotovoltaico: proporcionar energía eléctrica al sistema cuando el banco de paneles no la proporciona y almacenar la energía proporcionada por los paneles cuando aquella excede las necesidades de la carga

Una de las características más importantes de una batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente, etc.; inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos de mantenimiento.



Figura 2.18 Batería

Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema fotovoltaico son:

- El máximo valor de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un número específico de horas de descarga.
- Capacidad de almacenamiento de energía.
- Profundidad de descarga máxima.
- La vida útil.

La corriente de carga es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que esta almacenada en ella.

Se denomina capacidad a la cantidad de energía que una batería puede almacenar. Una batería solo puede almacenar una cantidad fija de energía eléctrica que por lo general figura en la parte exterior de la batería.

Con la finalidad de poder comparar distintos tipos de baterías, la prueba que determina la corriente de descarga máxima se ha estandarizado en la industria. Debido a que los parámetros utilizados en la prueba son corriente y tiempo, la capacidad de la batería se define en Ampere-horas (Ah). A partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Teóricamente, una batería de 100 Ah deberá generar una corriente de 2 A para 50 horas. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estimada es un parámetro general y no una medida exacta, del tamaño de la batería.

Se puede determinar aproximadamente la cantidad de energía recibida por una batería (Q, en amperios horas), multiplicando la corriente de carga (I, amperios) por el tiempo de carga (T, en horas), ver 2.15:

$$Q(\text{Ah}) = I(\text{A}) \cdot T(\text{h}) \quad (2.15)$$

Si se multiplica este resultado (Q) por el voltaje de batería, se obtendrá la cantidad de energía suministrada a la batería, expresada en watts-hora (Wh).

No se debe cargar baterías a una corriente mayor de un decimo de su capacidad estimada. Por lo tanto, una batería de 100 Ah no deberá ser cargada a una corriente de más de 10 amperios.

También se puede calcular la cantidad de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo, multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga. Así, una lámpara que consume 1.2 A utiliza, para cuatro horas, 4.8 Ah de energía de una batería, o sea: $1.2 \text{ A} \times 4 \text{ h} = 4.8 \text{ Ah}$.

Tipos de baterías:

Hay diferentes tipos de tecnología para baterías destinadas a diferentes usos:

SLI: Las baterías para automóviles, referidas como SLI (Starting, Lighting, Ignition), son las baterías más baratas cuando se las compara en términos de capacidad nominal, generalmente se producen localmente y están ampliamente disponibles en todos los mercados.

SLI modificada: Existe un procedimiento mediante el cual se varía algunas características del diseño de la batería SLI, permitiendo alargar la vida útil de la misma sin alterar su funcionamiento. Este tipo de baterías se conoce como SLI modificada y se encuentran en los mercados a veces con el nombre de baterías solares. Este tipo de baterías representa una alternativa importante en el diseño de sistemas FV y su empleo, siempre que sea posible, debe preferirse en lugar de baterías SLI convencionales.

Tubulares: Son las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico, están hechas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Con este tipo de baterías pueden alcanzarse vidas útiles de más de ocho años y frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año. El aumento en el uso de este tipo de baterías, al igual que en el caso de las VRLA, ha resultado beneficioso para los programas de electrificación rural a gran escala, ya que se ha incentivado a los fabricantes para que expandan y diversifiquen el mercado de estos productos.

NiCd: Las baterías de Níquel Cadmio de ciclo profundo tienen un costo de 6 a 8 veces superior a las baterías de plomo ácido con electrolito líquido, aunque su costo operacional a largo plazo es hasta 5 veces menor al de una batería de plomo ácido con la misma capacidad.

La más conveniente para aplicaciones fotovoltaicas es la llamada batería estacionaria VRLA, diseñada para tener un emplazamiento fijo y para sitios donde el consumo de energía es más o menos irregular. Estas pueden permitir ciclos de descarga profunda, pero no están diseñadas para producir corrientes altas en periodos cortos de tiempo.

2.4.4 LA CARGA

La carga representa la demanda de energía eléctrica requerida, que en nuestro caso, la caleta La "Gramita de Casma" donde no existe suministro eléctrico, la población utiliza para iluminación velas, mecheros, grupos electrógenos. Para estimar la demanda de energía eléctrica se dimensionara la carga en base a datos tomados en campo así mismo se considerara cargas especiales de uso común como escuela, posta médica y local comunal de pescadores.

A continuación presentamos la carga típica de la caleta La Gramita, la cual ha sido modelada teniendo en cuenta los consumos típicos de iluminación en viviendas y cargas de uso común como posta médica, local comunal, local de pescadores, colegios y alumbrado público.

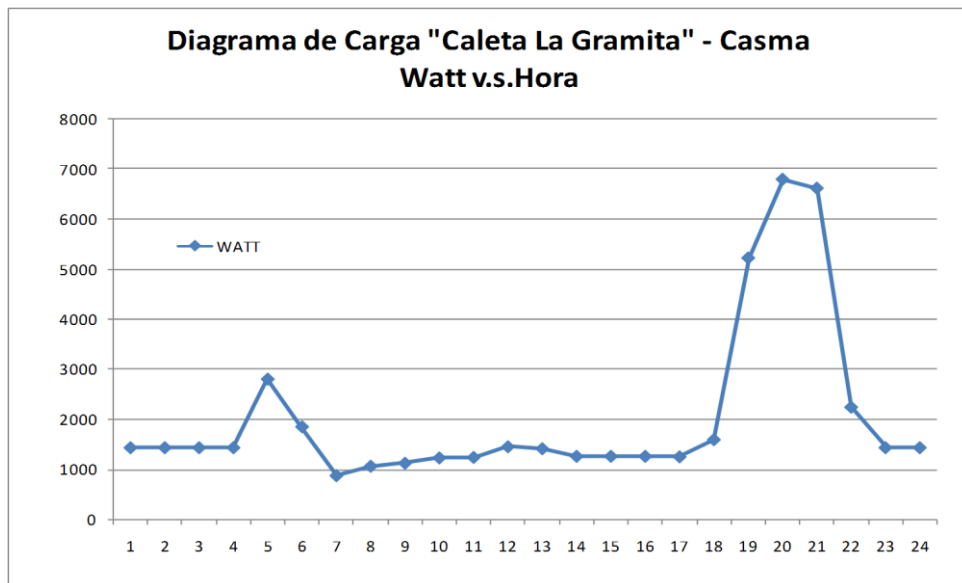


Figura 2.19 Curva de carga típica de Caleta La Gramita. Elaboración Propia

2.4.5 SISTEMA HIBRIDO

Un sistema híbrido es un sistema compuesto por dos o más sistemas, ejm.: Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico, Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico-Hidráulico. Los sistemas autónomos basados en generadores fotovoltaicos y

eólicos con almacenamiento por medio de baterías son una opción para la alimentación de pequeñas cargas en emplazamientos remotos. Para dimensionar un sistema híbrido es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad. De todas las opciones la óptima se obtiene al valorar el coste económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad.

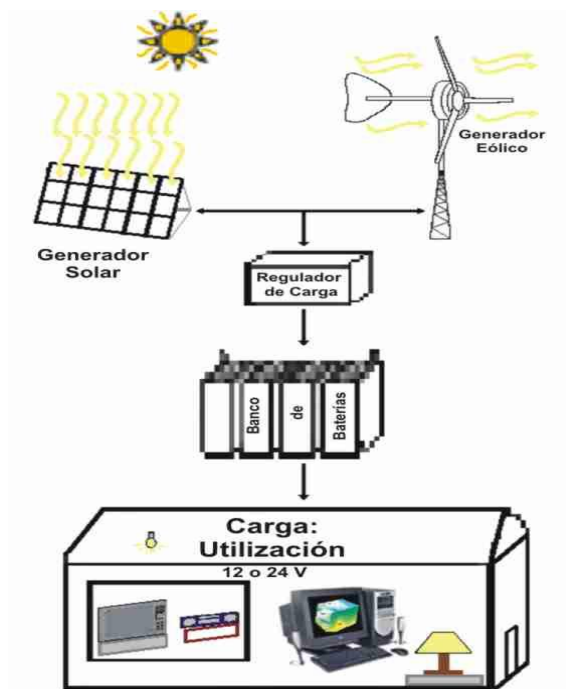


Figura 2.20: Esquema del Sistema Híbrido

Inversor DC/AC



Figura 2.21: Inversor de voltaje DC / AC

Los inversores cortan e invierten la corriente continua y generan una onda cuadrada que es luego filtrada para aproximarla a una onda sinusoidal y eliminar los armónicos indeseables.

La mayoría de los modelos disponibles en el mercado producen lo que se llama onda sinusoidal modificada, ya que el voltaje de salida no es una sinusoidal pura. En términos de eficiencia, los inversores de onda modificada trabajan mejor que los de onda sinusoidal pura. Aparte de la forma de onda, algunas características importantes que deben tener los inversores son: Fiabilidad ante sobre corrientes, Eficiencia de conversión, Cargador de batería y Conmutación automática.

Cables eléctricos



Figura 2.22: Cables eléctricos

Este es un aspecto importante de su instalación ya que un cableado adecuado le va a asegurar una transferencia eficiente de energía.

El tamaño de los cables usualmente se especifica en términos del American Wire Gauge (AWG). Para sus cálculos, se necesita convertir de AWG a mm² para calcularla resistencia del cable. En la tabla 3.4 mostramos el tamaño de los cables, la corriente máxima que puede fluir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes.

Cables del Sistema Fotovoltaico

Los cables del Sistema Fotovoltaico deben:

- Respetar un código de colores.
- Estar debidamente etiquetados. Indicando en la cubierta protectora exterior, por lo menos, el tipo de cable, sección y fabricante del mismo (Según la NTP 370.252).
- Cumplir con la norma IEC 60811 “Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos” o la Norma Técnica Peruana respectiva. Como mínimo deben ser del tipo RHW para exteriores y THW para interiores (NTP 370.252).
- Estar dotados con terminales específicos y de cobre en el caso que su sección sea de 4 mm². En caso contrario, deben ser retorcidos y estañados para lograr una conexión adecuada.
- Ser asegurados a las estructuras de soporte o a las paredes con grapas a intervalos de 30 cm. como máximo, para así asegurar su posición vertical u horizontal, nunca oblicuamente.

Tamaño del cable corte de área seccional (mm ²)	Corriente máxima (A)	Potencia generada (W) 12 V
1.0	10	120
1.5	15	180
2.5	20	240
4.0	30	360
6.0	35	420
10.0	50	600
16.0	70	840
25.0	90	1080

Tabla 2.4: Tamaño de cables, corriente y potencia máxima

Características eléctricas de la red electrica BT

Consiste en una red de servicio particular de 220 Vac que alimentara a las 100 viviendas en la Caleta Lagramita, 01 posta medica y 01 local comunal de pescadores, la cual tendra las siguientes caracterisitcas principales:

- Tensión nominal : 220 Vac fase-fase
- Tensión máxima de servicio : 220 +- 5% Vac
- Topologia : Trifasico Delta

2.4.6 PROTOCOLO DE KIOTO

Es un documento que contiene el acuerdo institucional más importante en relación al cambio climático. Su objetivo es reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) de los principales países industrializados y según la propuesta inicial de 1997, los países firmantes debían lograr que en el plazo que va de 2008 a 2012 esas emisiones descendieran un 5,2% por debajo de las registradas en 1990.

Los principales componentes del Protocolo de Kioto son los que a continuación se exponen:

- Gases contemplados
- Objetivos



Figura 2.23: Emisiones de GEIs

Gases contemplados

El Protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de seis gases de efecto invernadero:

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Metano (CH₄);
- Óxido nitroso (N₂O);
- Hidrofluorocarbonos (HFC);
- Perfluorocarbonos (PFC);
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Objetivos del Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto marca objetivos obligatorios relativos a las emisiones de GEIs para las principales economías mundiales que lo han aceptado. Estos objetivos individuales van desde una reducción del 8% hasta un crecimiento máximo del 10% respecto a las emisiones del año base, que ha sido fijado en 1990. En resumen el Protocolo de Kioto tiene como objetivo reducir el total de sus emisiones de los GEIs a un nivel inferior de no menos de un 5% al nivel de 1990 en el periodo de compromiso 2008-2012” a nivel mundial.

2.4.7 REDUCCION DE EMISIONES DE CO₂

Las compañías, debido a un incremento cada vez más pronunciado en los precios de la energía y materiales, están cada vez más concientes debido a presiones financieras y de reputación en reducir las emisiones de CO₂ y mitigar su impacto ambiental.

La reducción de emisiones de CO₂ supone :

- Una reducción de los costos operativos de su negocio a largo plazo;
- Una reducción de su exposición a costos potenciales por la implantación de nuevas políticas de gobierno y regionales. Así en países como el Reino Unido, el Plan de Eficiencia Energética ya ha sido puesto en

marcha y las empresas participantes deberán pagar una tasa de aproximadamente 15 € por tonelada de CO₂ emitida.

Estimación de la reducción de emisiones de CO₂

Para calcular la reducción de emisiones se requiere saber la energía generada anual por el Sistema Híbrido que cubre la demanda de la comunidad rural “La gramita de Casma” y el factor de emisión.

- Factor de Emisión(Fe) por el método AMS-ID, tiene un valor igual a :

$$Fe = 0,54 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq/MWh (FONAM Perú 2007)}$$

Luego:

$$\text{Emisiones CO}_2 = E_{\text{generada anual}} * Fe$$

$$\text{Emisiones CO}_2 = 49250 \text{ WH} * 365 * 0,547 / 10^6 \text{ WH}$$

$$\text{Emisiones} = 9,833 \text{ Ton CO}_2/\text{año} = 9\ 833 \text{ Kg de CO}_2 \text{ por año}$$

2.5. MARCO NORMATIVO

Para la elaboración del presente Tesis se ha tenido en cuenta las siguientes Normas y Reglamentos:

- ISO 14001 (2004), es una norma aceptada internacionalmente que establece cómo implementar un sistema de gestión medioambiental (SGM) eficaz. La norma se ha concebido para gestionar el delicado equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental. Con el compromiso de toda la organización, permite lograr ambos objetivos.

Lo que contiene ISO 14001:

- Requisitos generales

- Política medioambiental
- Planificación de la implementación y funcionamiento
- Comprobación y medidas correctivas
- Revisión por la dirección

Ello significa que puede identificar aspectos del negocio que tienen un impacto en el medio ambiente y comprender las leyes medioambientales que son significativas para esa situación. El paso siguiente consiste en generar objetivos de mejora y un programa de gestión para alcanzarlos, con revisiones periódicas para la mejora continua. De este modo, podemos evaluar el sistema regularmente y, si cumple la normativa, registrar la compañía o la sede para la norma ISO 14001.

Pacto Mundial

El pacto mundial es una iniciativa voluntaria, en la cual las empresas se comprometen a alinear sus estrategias y operaciones basados en 10 principios universalmente aceptados en áreas como Derechos Humanos, Estandares Laborales, Medio Ambiente y Corrupción. El Pacto Mundial se aplica en más de 100 países a nivel mundial. Las empresas, el comercio y la inversión son pilares esenciales para la paz y la prosperidad.

Medio Ambiente

Principio 7: Las empresas deberán mantener un enfoque preventivo que favorezca el medio ambiente.

Principio 8: Las empresas debe fomentar las iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental.

Principio 9: Las empresas deben favorecer el desarrollo y la difusión de las tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS

3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La alternativa de solución que evaluaremos en esta oportunidad debe ser viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental para el suministro de energía eléctrica en la caleta La Gramita de la provincia de Casma, centro poblado distante de las redes del servicio público de electricidad:

- Implementar un “Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a la Caleta La Gramita”
- Implementar un “Sistema eólico para suministrar energía eléctrica a la Caleta La Gramita”
- Implementar un “Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a la Caleta La Gramita”
- Ampliación de la red media tensión en 21 km desde la ciudad de Casma

El régimen de radiación solar y vientos, presentan un gran potencial lo que puede verificarse en la información del Atlas Solar y Eólico definidos para el Perú. Atendiendo a las demandas sociales y a las evidencias de que el régimen de viento local es adecuado para instalar pequeñas turbinas eólicas y la radiación solar suficiente para el buen funcionamiento de un generador fotovoltaico, se requiere un estudio de ingeniería serio y detallado para tomar la mejor decisión donde quede demostrado que la mejor alternativa es instalar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en la Caleta La Gramita de Casma.

A continuación efectuamos una comparación de las ventajas y desventajas de las alternativas de solución:

Ventajas de los Sistemas Híbrido / Eólico / Fotovoltaicos	Desventaja de la Ampliación red MT distancia de 21 km
La energía solar y eólica son las fuentes renovables mas aprovechable en la Caleta La Gramita	La Caleta la Gramita se encuentra a una distancia de 21 km de la red eléctrica existente
La instalación de paneles solares y aerogenerador son menos complicados.	Es más complicado tender la red eléctrica MT en 21 km
La frecuencia de mantenimiento es menor y más barato por ser un equipo centralizado en un solo lugar	La probabilidad de fallas es muy alta y el mantenimiento costoso, la probabilidad de hurtos es elevada
Su implementación y operación tiene menor costo	Su implementación y operación es más costosa.
El impacto ambiental es mínimo, predomina el impacto visual, ruido, obstaculización a las aves	El impacto ambiental es visual y con riesgo de afectación a terceros.
La implementación operación y mantenimiento presenta peligros y riesgos no significativos y que pueden ser controlados.	Existe mayores riesgos sobre propios y terceros por la extensión de la red, durante la implementación, operación y mantenimiento

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos y eólicos a instalarse en Viviendas urbanas del área de concesión de Hidrandina

3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El aerogenerador combinado con paneles fotovoltaicos, es idóneo para un sistema híbrido de generación, ya que al complementarse en el tiempo garantizan la carga constante de las baterías que suministran la energía a los consumidores (viviendas, escuela, posta meica, locales comunal y de pescadores, y alumbrado público). De esta forma se amortiguan las fluctuaciones diarias y estacionales de ambas fuentes energéticas, lo que reduce los ciclos de descarga de las baterías y extiende su vida útil.

El funcionamiento de este sistema híbrido puede describirse, de forma simplificada, con las siguientes características:

- El sistema está integrado por dos subsistemas de generación eléctrica: paneles fotovoltaicos y aerogenerador.

- En términos generales, diariamente puede manifestarse la presencia del Sol (de acuerdo con la nubosidad), del viento, o de ambos recursos energéticos.
- El banco de baterías requiere de recarga, debido al consumo de los equipos.
- Diariamente, con la presencia de una o ambas fuentes energéticas, se inicia el proceso de recarga del banco de baterías con la entrada de los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador o ambos simultáneamente si las demandas del sistema lo requieren.
- En el caso del aerogenerador, un sofisticado sistema de regulación de carga, acoplado en el interior del mismo, controla el régimen de carga al sistema, desconectando el equipo una vez alcanzada la carga idónea.
- El regulador de carga queda comprobando la caída de voltaje de la línea y el nivel de carga de las baterías a la espera de reiniciar el proceso de recarga.
- En el Anexo 3 se muestra el Plano de lotización de la Caleta “La Gramita” en el cual se ubica el sistema de generación aislada de energía renovable correspondiente a una Minicentral Híbrida Eólica-Fotovoltaica y su diseño de electrificación para esta población casmeña.

Gestion de los Procesos

En el gráfico de la fig. 3.1 se muestra el Procesos de Implementación de Sistemas Híbridos en la Caleta La Gramita de la Provincia de Casma.

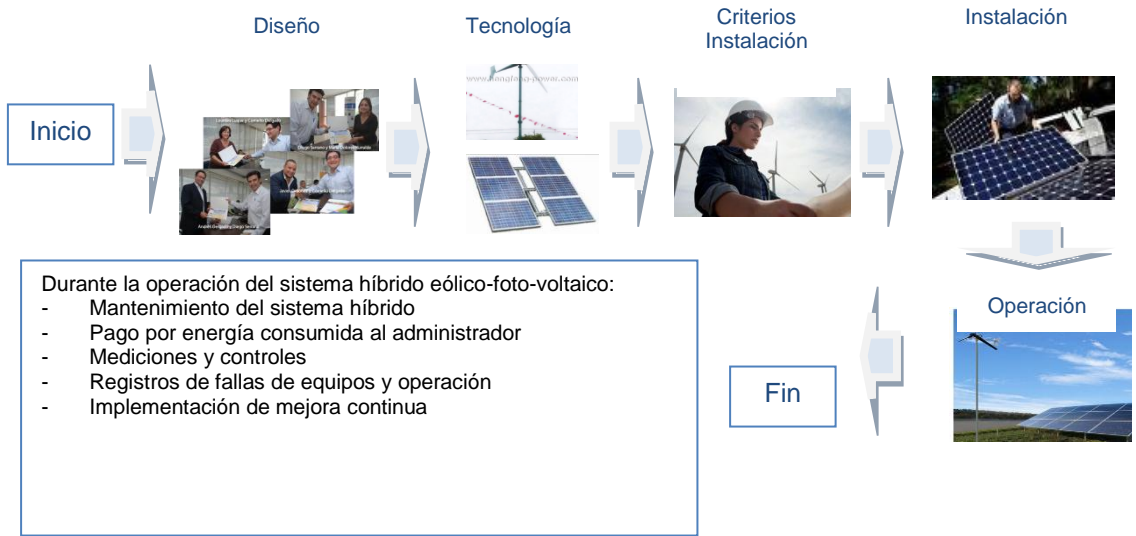


Figura 3.1: Procesos de implementación del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

Departamento de Ancash



Figura 3.2: Plano de Ubicación del Proyecto

Esquema de principio del Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico

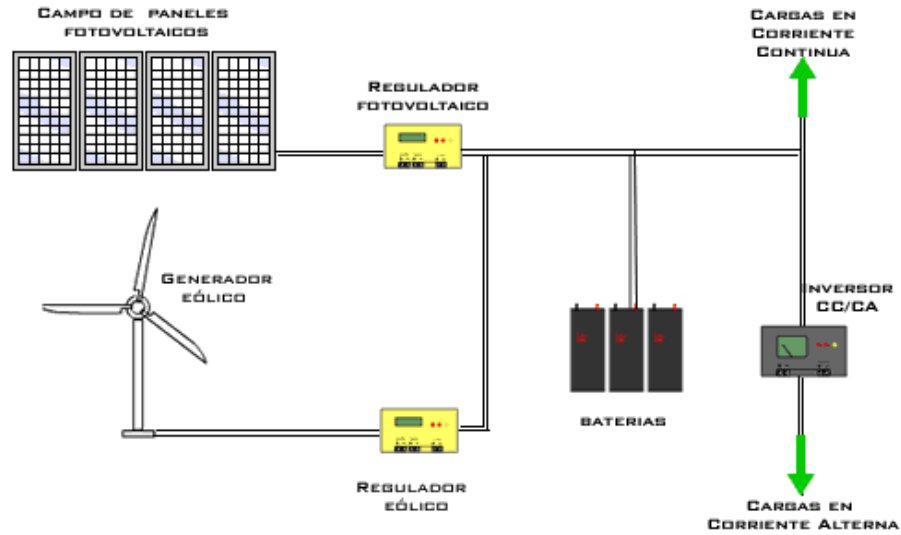


Figura 3.3: Esquema de Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico

Dimensionado del Sistema

Usamos el flujo de trabajo de la Figura 4.5, para seguir con la metodología planteada basada en un balance energético diario en las condiciones más desfavorables.

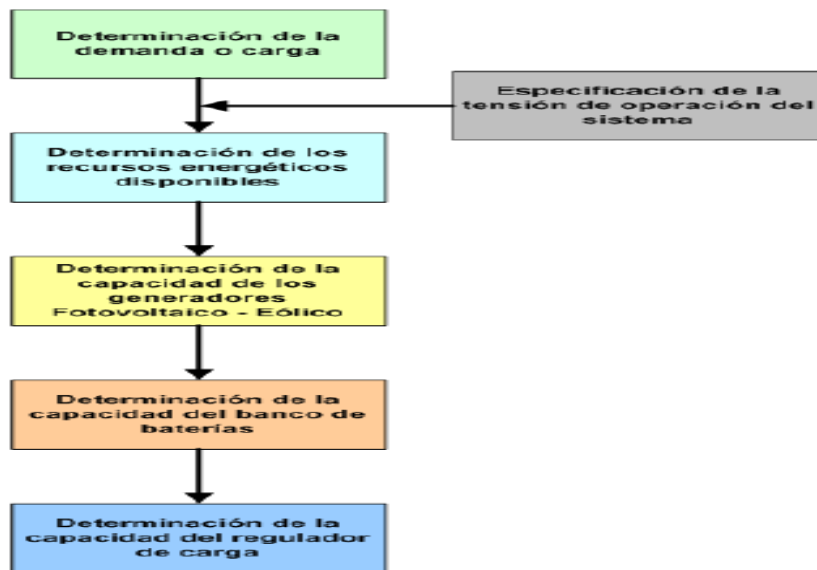


Figura 3.4: Diagrama de flujo para dimensionar el sistema

Cabe mencionar que el último bloque es opcional debido a que la mayoría de fabricantes de aerogeneradores de baja potencia incluyen el regulador de carga (por lo general para sistemas híbridos), siendo este el caso del presente trabajo.

Las contribuciones del proyecto al desarrollo de la comunidad:

- 1) Brinda la posibilidad de generación de energía eléctrica renovable, compensando el uso de recursos no renovables (leña, carbón, el petróleo, y el gas); con lo cual se evita las emisiones de CO₂ en los ambientes de las viviendas que producen impactos negativos para la salud.
- 2) Creación de fuentes de trabajo asociados con el proyecto, con las instalaciones y con la operación, el presupuesto previsto para la financiación de la construcción y desarrollo será invertido localmente en la ejecución de trabajos y con el personal propio operativo.
- 3) La instalación de generación con sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos permite resolver los problemas de costos de generación de energía y contaminación ambiental por el uso de combustibles fósiles, esto posibilita la mejora de calidad de vida del poblador de la costa peruana donde no cuenta con redes del servicio público de electricidad.
- 4) En el presente caso el gobierno local o sociedad organizada debe encargarse de la operación y mantenimiento del Sistema Híbrido de generación eléctrica con personal especializado y entrenado adecuadamente, de tal forma de garantizar su funcionamiento óptimo y con los niveles de calidad de suministro aceptables.

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

La energía solar y eólica en las viviendas de la caleta “La Gramita” de Casma será utilizado para la instalación como fuente de generación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos y un aerogenerador instalado en una zona estratégica, adyacente a la carga y cercana al mar para 76 viviendas, 01 posta médica, 01 colegio, 01 local comunal, 01 local de pescadores y alumbrado público, sumando un total de 7,20 kW de demanda. La demanda proyectada a 10 años. Considerando una tasa de crecimiento anual de 3% será de 16,70 kW.

La carga típica de las viviendas residenciales y locales de uso común se muestran en la Tabla 3.1 y el diagrama de carga en la Fig. 3.5

ESTIMACION DE CARGA DE CADA VIVIENDA						
Uso comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Factor de simultaneidad		Horas Utiliz.
				Día	Noche	
Lámpara (sala)	76	20	1	0,1	0,9	6
Lámpara (dormitorio)	76	20	1	0,1	0,9	3
Lámpara (cocina)	76	20	1	0,1	0,9	2
TV Color	76	40	0,25	0,2	0,8	5
Radio receptor	76	10	0,4	0,6	0,4	10
TOTAL (76 viviendas)	76	4834				
TOTAL ENERGIA (kwh)	76	17602				
ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN						
Uso comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Factor de simultaneidad		Horas Utiliz.
				Día	Noche	
Posta medica	1	298				
Refrigerador de vacunas	1	180	0,6	1,0	1,0	24
Comunicación Radio VHF	1	32	1	1,0	1,0	24
Ventilador	1	40	1	1,0	1,0	10
TV Color	1	60	1	1,0	1,0	12
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10
Lamparas	3	20	1	0,8	0,8	14
Local comunal	1	366				
TV Color	1	60	1	1,0	1,0	9,00
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10,00
Equipo de sonido	1	200	1	1,0	1,0	5,00
Lamparas	6	20	1	0,8	0,8	9,00
Local pescadores	1	406				
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10,00
Congeladora	1	580	0,6	1,0	1,0	24,00
Lamparas	3	20	1	0,8	0,8	9,00
Escuela	1	396				
Computador	1	300	1	1,0	1,0	12,00
Lamparas	6	20	1	0,8	0,8	10,00
Alumbrado Publico	1	950				
Lamparas	19	50	1	0	1,0	11,00
TOTAL (usos comunes)	5	2366				
TOTAL ENERGIA (kwh)	5	31650				
TOTAL (La Gramita)		7200 W			49,25 kWh	

Tabla 3.2: Estimación de la demanda de energía diaria

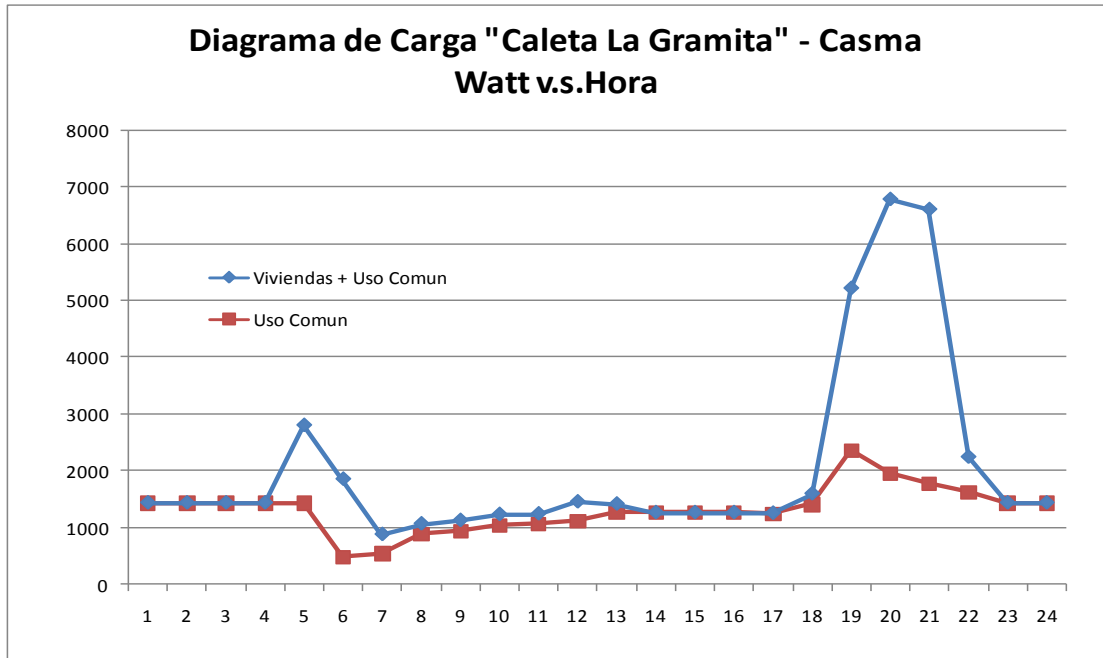


Figura 3.5: Diagrama de carga Caleta "La Gramita" de Casma

Voltajes del Sistema

Los niveles de tensión del sistema eléctrico de la Gramita serán:

- Red aérea BT y Tablero de distribución: 220 Vac
- Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico: 220 Vac
- Paneles Solares, Volt: 24 Vcc
- Aerogenerador, Volt: 24 Vcc
- Baterías acumuladores: 24 Vcc

Las instalaciones del sistema Híbrido incluirán:

- Módulos fotovoltaicos, en arreglos de 28x240 Wp = 6720 Wp
- Un Aerogenerador de eje horizontal de 2kW de Potencia

- Inversor DC/AC (24Vcc/220 Vac) para red distribución, la potencia, \geq 8000 W
- Contador de energía
- Soportes metálicos para el arreglo de los paneles solares
- Cableado
- Equipos de protección, control
- Tablero para equipos
- Red de distribución BT, servicio particular y alumbrado público.
 - Incluye:
 - Red eléctrica aérea de BT desde la Central Híbrida hasta las viviendas
 - Acometidas de BT para cada vivienda
 - Medidor de energía e interruptor termomagnético
 - Postes y pastorales con luminarias de 50W de potencia

Respecto a los equipos de protección y control el sistema contara con las protecciones contra corrientes de cortocircuitos y el control considerara elementos de desconexión y conexión automática ante las siguientes contingencias (n-1):

- Ante fallas de la generación fotovoltaica esta se desconectara automáticamente, la carga quedara alimentada por la generación eólica y por el sistema de acumulación de la batería (sin exceder su máxima capacidad permitida). Si la carga excede la oferta, se desconectara las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la demanda exceda también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

- Ante fallas de la generación eólica esta se desconectara automáticamente, la carga quedara alimentada por la generación fotovoltaica y por el sistema de acumulación de la batería (sin exceder su máxima capacidad permitida).

Durante el día, si la carga excede la oferta, se desconectara las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la demanda exceda

también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

Durante la noche, no funciona el sistema fotovoltaico y si la carga excede la oferta de las baterías se desconectara las cargas de las viviendas quedando sólo las de uso común. En el caso que la demanda exceda también la capacidad de las baterías se producirá la desconexión de todo el sistema híbrido.

El análisis de contingencias (n-1), considera la fiabilidad del sistema de generación de energía eléctrica ante la indisponibilidad de una de las fuentes: solar, eólica o las baterías. El sistema ha sido diseñado para que suministre energía total de viviendas y uso común con una confiabilidad (n-1), manteniendo una reserva de energía acumulada en baterías para alimentar las cargas de uso común.

3.2.2 DETERMINACION DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Recurso Eolico

Según el Atlas Eolico del Peru (Ver Capitulo I, pag. 08), la velocidad media del viento en la Caleta La Gramita es igual a:

$$\text{Velocidad media} = 7 \text{ m/s (80 m altura)}$$

Recurso Solar

Según el Atlas Solar del Peru (Ver Capitulo I, pag. 18), estimamos la energia solar promedio anual que es la equivalente a:

$$\text{Irradiancia media anual} = 5.75 \text{ kWh/m}^2$$

El calculo se muestra en la tabla adjunta, promedio de la irradiancia media en las cuatro estaciones climaticas.

INSOLACION GLOBAL (wh/m2)	
Año 2010	
Enero	7000
Febrero	7500
Marzo	6500
Abril	6500
Mayo	5000
Junio	4500
Julio	4500
Agosto	5000
Septiembre	6000
Octubre	5000
Noviembre	6500
Diciembre	5000
PROMEDIO	5750

Tabla 3.3: Cálculo de Irradiancia media anual de la Caleta La Gramita

3.2.3. DIMENSIONADO DEL SISTEMA EOLICO-FOTOVOLTAICO

Dado que la carga de demanda es relativamente pequeña (49.25 kWh/día), para la estimación del óptimo Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico, se evaluarán 02 condiciones:

Caso 1.- Considerando que el sistema fotovoltaico será dimensionado para satisfacer la carga de uso común que es igual a 31650 Wh / día, y que el sistema eólico satisface la carga de las 76 viviendas equivalente a 17602 Wh / día.

Caso 2.- Considerando que el sistema fotovoltaico será dimensionado para satisfacer la carga de las 76 viviendas equivalente a 17602 Wh / día, y que el sistema eólico satisface la carga de uso común que es igual a 31650 Wh / día

Determinación de la capacidad del Generador Fotovoltaico

• Aporte del Sistema Fotovoltaico (Caso 1)

Este cálculo se efectuó en base a la demanda crítica de cargas de uso común 31650 Wh/día: AP, Posta Medica, Colegio, Local Comunal y Pescadores, tal como se muestra en la tabla 3.3. (Utilizamos el Programa excel de dimensionamiento de Sistema Híbrido, elaboración propia)

Sistema Solar Fotovoltaico	
Energía Solar (DM Fv)	31650 Wh/día
Carga Instalada (W)	7250 W (DMax.)
Voltaje del Sistema (Vn)	24 V
Degradación sistema (D)	10%
Reserva futura (Rfut)	10%
tiempo auton batería (n)	1 Día
Profundidad de descarga	60%

Tabla 3.4.: Capacidad Fotovoltaica Caso 1 en “La Gramita”

El cálculo de la cantidad de paneles solares se estima en base a la relación de la Demanda máxima Fotovoltaica, las horas de radiación solar y la potencia pico del panel fotovoltaico, con lo cual se obtiene el número de paneles solares, ver tabla 3.4.

Calculo de cantidad de paneles solares	
Factor de Seguridad (FS)	1,2
Demanda máxima FV (DM Fv)	31650 Wh
Horas radiac (HPS)	5,75 h/día
Pot pico panel (PFP)	240 Wp
Nº Paneles =	$FS \times DMFv / (HPS \times PFP)$
Nº Paneles =	27,5 U (\approx 28 Unid.)

Tabla 3.5 : Cantidad de paneles solares Caso 1 en la Caleta “La Gramita”

La potencia nominal del sistema fotovoltaico seleccionado será de 6720 Watts (28x240 Wp). Las horas de radiación solar (HPS) se determinaron en base a la radiación promedio estacional de la localidad en estudio es de 5.75 kwh/m2, considerando los datos del Mapa Solar del Perú

La energía total anual estimada por el sistema fotovoltaico (28x240Wp) es:

$$\text{Energía Generada}_{\text{día}} = (28 \times 240 \times 5.75) = 38.64 \text{ KW-h}$$

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = (28 \times 240 \times 5.75) * 365 / 1000 = 14103.6 \text{ KW-h}$$

Generador fotovoltaico

Formado con 28 Paneles Solares cada uno de 240 Wp de potencia, agrupados en 05 arreglos de 06 paneles cada uno, cada arreglo contiene 01 regulador de carga. El sistema fotovoltaico pretende cubrir los 31650 Wh/día de energía.



Figura. 3.6: Sistema de Paneles Solares para sistemas asilados con tecnología OF-GRID
(Fuente: Geebo Electronic Technology Co., Lto – China)

• Aporte del Sistema Fotovoltaico (Caso 2)

Al igual que en el Caso 1, este cálculo se efectuó en base a la demanda de las 76 viviendas 17602 Wh/día, los resultados de cantidad de paneles y energía generada anual son las siguientes:

$$\text{N}^{\circ} \text{ paneles} = 16 \text{ Unid.}$$

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = (16 \times 240 \times 5.75) * 365 / 1000 = 8059.2 \text{ KW-h}$$

Determinacion de la capacidad del Generador Eolico

- **Aporte del Sistema Eólico (Caso 1)**

Este cálculo se efectuó en base a la demanda de las viviendas de la Caleta La Gramita, tal como se muestra en la tabla 3.5 (Utilizamos el Programa excel de dimensionamiento de Sistema Híbrido, elaboración propia)

Sistema Eólico	
Diámetro del rotor (D)	4 M
Numero de Palas (P)	3 Unid
Área de barrido (A)	12,57 m ²
Energía eólica =	17602 Wh/día
Potencia media =	Energía Eólica / 24 W
Potencia media =	733 W

Tabla 3.6 : Capacidad de generador eólico Caso1 en “La Gramita”

El cálculo de la velocidad del viento a la altura de montaje del sistema eólico se estima en base al coeficiente de rugosidad y la altura de montaje correspondiente partiendo de los datos la velocidad de viento a 80m según mapa eólico proporcionado por el Ministerio de Energía y Minas, con lo cual se obtiene la velocidad media del viento en m/s, ver tabla 3.6.

Calculo de velocidad del viento	
	$V(h1)^*$
Velocidad $V(h2) =$	$\text{Ln}(h2/a)/\text{Ln}(h1/a)$
Velocidad $V(h1) =$	7 m/s
Altura $h2=$	6 M
Altura $h1=$	80 M
Clase rugosidad (Cr)	0,5
Coefficiente rugosidad(a)	0,0024
Velocidad $V(h2)$	5,26 m/s

Tabla 3.7 : Velocidad del viento a 6 m de altura

La potencia nominal del sistema eólico seleccionado será de Potencia Nominal 2 kW (8 m/s, altura torre 6 m). La velocidad media a 80m de la superficie es equivalente a 7 m/s en dicho lugar (Datos del Atlas Eólico del Perú).

Se ha calculado la velocidad del viento a 6 m, resultando equivalente de 5.26 m/s. Extrapolando en la curva de potencia del fabricante se determina que la potencia generada será de 800 W (5.26 m/s). La energía total anual:

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = (800 \cdot 24) \cdot 365 / 1000 = 7008 \text{ KW-h}$$

Aerogenerador

El aerogenerador es de 2000 W de potencia, tiene una torre de 6 metros de altura. El diámetro del rotor es de 4,0 metros y tiene 3 hélices. La particularidad de este aerogenerador es que se puede abatir para realizar su mantenimiento o variar el grado de inclinación de sus hélices.

El sistema micro-eólico permitirá aportar 19200 Wh/día adicionales, aumentando la energía disponible y, por tanto, el número de horas de uso.

Características técnicas del generador eólico:

Modelo HF4.0-2KW

Fabricante: HengFeng Power - China



Figura. 3.7: Aerogenerador de eje horizontal de tres palas

Main technical data as follows:

1. Machine Type: horizontal-axis wind turbine
2. Blade form: propeller
3. Blade number: 3 pcs
4. Blade material: glass fiber reinforced plastic
5. Type of generator: permanent-magnet direct drive 3 phase AC
6. Type of tower: guy wire or free standing

Power: 2KW

Blade diameter (m): 4.0

Rated Rotated speed(r/min): 400

Rated speed (m/s): 8

Rated power: 2KW

Max power: 3KW

Output voltage (v): 96 / 24

Start up wind speed (m/s): 3

Work speed (m/s): 3-30

Security wind speed(m/s):50

speed regulation: leaning tail + electric brake

Capacity and quantity of battery: 12V100AH 8 pcs.

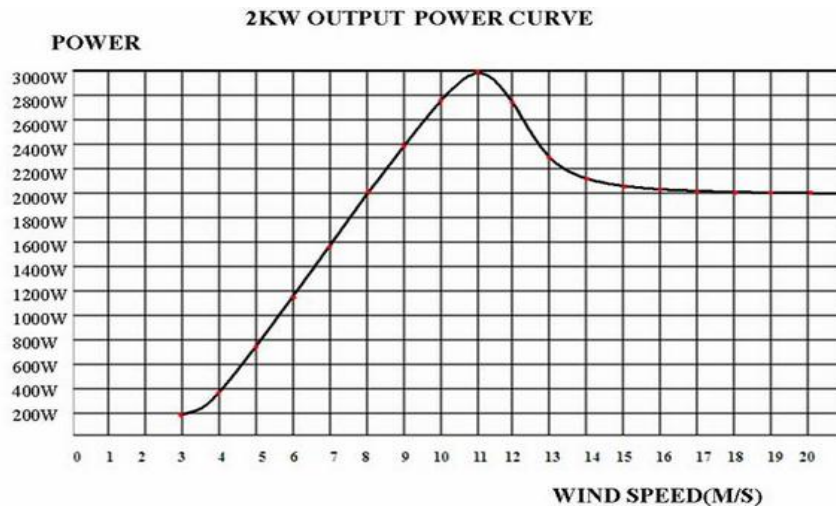


Figura. 3.8: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas 2kW

- **Aporte del Sistema Eolico (Caso 2)**

Al igual que en el Caso 1, este cálculo se efectuó en base a las cargas de uso común 31650 Wh/día. La potencia nominal del sistema eólico seleccionado será de Potencia Nominal 5 kW (10 m/s, altura torre 9 m).

Se ha calculado la velocidad del viento a 9 m, resultando equivalente de 5.53 m/s. Extrapolando en la curva de potencia del fabricante se determina que la potencia generada será de 1500 W (5.53 m/s)

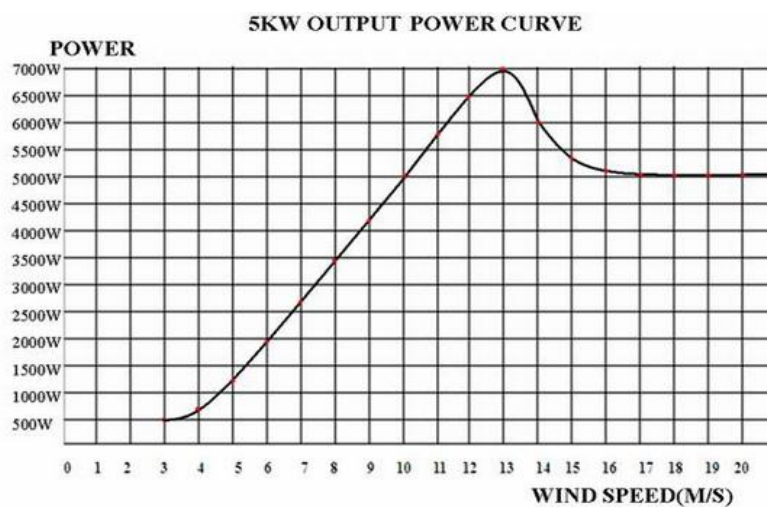


Figura. 3.9: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas 5 kW

La energía total anual estimada por el sistema eólico es la siguiente:

$$\text{Energía Generada}_{\text{año}} = (1500 \cdot 24) \cdot 365 / 1000 = 13140 \text{ KW-h}$$

3.2.4 DIMENSIONADO DEL SISTEMA EÓLICO

En este caso se considera que el Sistema Eolico satisface a toda la carga de 49252 kWh de la Caleta La Gramita (viviendas, cargas de uso comun y Alumbrado público).

Similar al Caso 1 del Sistema Hibrido, utilizamos el Programa excel de dimensionamiento de Sistema Hibrido de elaboracion propia, para calcular y seleccionar aerogenerador que satisfaga dicha demanda. La potencia Nominal será de 10 kW (10 m/s, altura torre 12 m).

Se ha estimado la velocidad del viento a 12 m, resultando un equivalente de 5.72 m/s. Extrapolando en la curva de potencia del fabricante se determina que la potencia generada será de 3000 W (5.72 m/s)

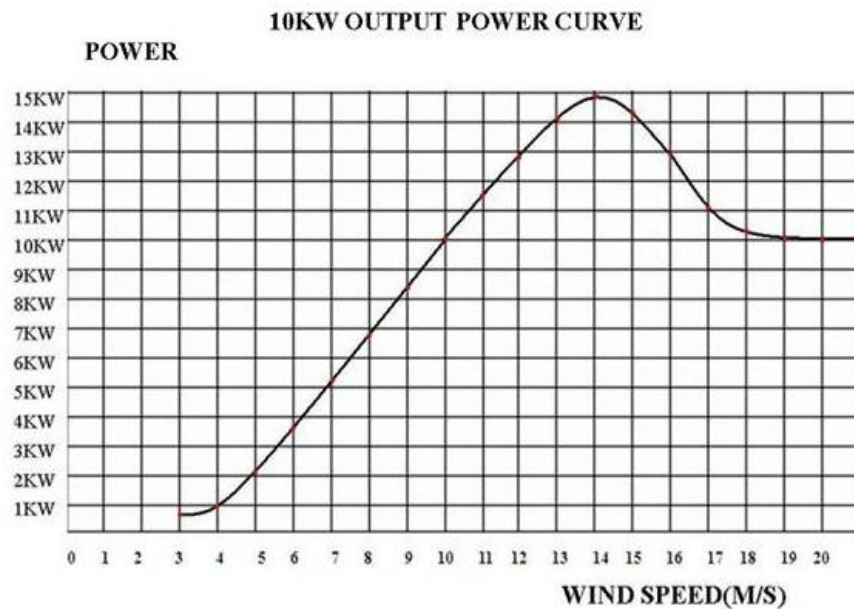


Figura. 3.10: Curva de Potencia del Aerogenerador de tres palas 10 kW

3.2.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En este caso se considera que el Sistema Fotovoltaico satisface a toda la carga de 49252 kWh de la Caleta La Gramita (viviendas, cargas de uso comun y a.p.).

Similar al Caso 1 del Sistema Hibrido, utilizamos el Programa excel de dimensionamiento de Sistema Hibrido de elaboracion propia, para estimar la cantidad de paneles solares y la energia generada anual.

Calculo de cantidad de paneles solares

Factor de Seguridad (FS)	1.2
Demanda máxima FV (DM Fv)	49252 Wh
Horas radiac (HPS)	5.75 h/día
Pot pico panel (PFP)	240 Wp
Nº Paneles =	$\frac{FS \times DMFv}{(HPS \times PFP)}$
Nº Paneles =	42.8 U

Tabla 3.8 : Capacidad Fotovoltaica para Demanda total en la “Gramita”

Nº paneles = 44 Unid.

Energía Generada año = $(44 \times 240 \times 5.75) \times 365 / 1000 = 22162.8 \text{ KW-h}$

3.2.6 DIMENSIONADO DE LA RED DE MT 21 km PARA SUMINISTRO DE ENERGIA

La alternativa de suministrar carga implementando la red de media tension 22.9 kV de 21 km de longitud, representa efectuar los siguientes trabajos:

- Montaje e instalacion de postes MT y armados (175 postes, 30 retenidas)
- Instalacion de conductor aereo (21 km por fase), ver ruta red de MT Fig. 3.11
- Montaje e Instalacion de SAB, Trafo de 75 kVA. (01 unidad)

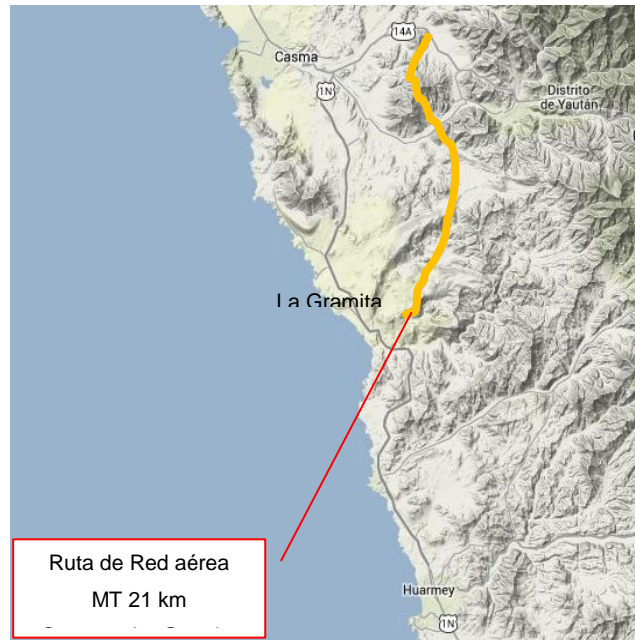


Figura. 3.11: Ruta de red aérea de MT 21 km

3.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO

3.3.1 SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

El regulador de carga es un dispositivo que se encarga de proteger la batería.

Criterios de selección:

- Tensiones de batería compatibles (12, 24 y 48V). En nuestro proyecto hemos seleccionamos de 24 V.
- Corriente máxima de paneles + aerogenerador.
- Corriente máxima que puede proporcionar a la carga

Para el Híbrido del caso 1, enlazando el sistema fotovoltaico con las baterías se va a usar 06 controladores electrónico de capacidad 60 A cada uno.

Casos evaluados	Pot. Max (Panel + Eolico)	Pot. Max Carga	Pot. Max Hibrido	I _{max} Amp.	Iregulad 24 V	N° regulador
Solar + Eolico + Bateria	6720+800=7520	7200	7520	313	60	6
	3840+1500=5340	7200	7200	300	60	5
Eolico + Bateria	0+3000 = 3000	7200	3000	300	60	5
Solar + Bateria	10520+0 = 10520	7200	10520	438	60	8
Red MT	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 3.9: Selección del regulador de carga

3.3.2 SELECCIÓN DE LA BATERÍA:

Las baterías empleadas en sistemas eólico-fotovoltaicos son específicas, sus principales características son:

- Muchos ciclos de carga y descarga.
- No son adecuadas para suministrar altas corrientes.
- Reserva Ciclos suaves de electrolito grande para alargar tiempos de mantenimiento.

Para el cálculo empleamos nuestro programa en Excel. Ver Tabla 3.1

Capacidad Banco Baterías

Energía Acumulada (Ea)	31650 Wh/día
Capnec =	Ea / Vn
Capnec =	1318.75 Ah
Capefect =	$Capnec / (1-D)$
Capefect =	1465.28 Ah
CapTot =	$Capefect / (1-Rfut)$
CapTot =	1628.09 Ah
Capbat =	$Cap Tot \times n / PDD$
Capbat =	2713.48 Ah

Selección de batería

Tipo batería	Batería Techno Sun 2V 16=PZS2000
Capacidad (AH)	1300 AH
Voltaje nominal (V)	2 V
Eficiencia de batería	95%
Profundidad de descarga	60%
Temperatura de operación	25 °C
Vida de diseño	> 15 Años

Numero de baterías

Nº baterías en serie (NBs) =	V_n / V_{nbat}	
	NBs =	12 unid.
Nº baterías paralelo (NBp) =	Cap_{bat} / AH_{bat}	
	NBp =	2.09 Kit

Tabla 3.10 : Selección y dimensionamiento de la batería

El conjunto de paneles genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación con una capacidad de 2600 Ah/día y 24 Vcc. Este sistema consta de 24 baterías (de 1300 AH y 2V cada uno) interconectadas en 12 unidades en serie y 02 grupos en paralelo.



Figura 3.12: Banco de baterías

3.3.3 SELECCIÓN DE UN INVERSOR AISLADO DC/AC

Los inversores transforman la corriente continua de las baterías en corriente alterna compatible con los electrodomésticos de consumo. (24Vcc / 220 Vca). Se deben elegir teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Máxima potencia que pueden suministrar en alterna. $P_{max.} = 7200 \text{ Watt}$
- Tipo de cargas que van a alimentar.
- Posibilidades del inversor de funcionar también como cargador de baterías. (No aplica)
- Condiciones ambientales y de almacenamiento del equipo. Los inversores son equipos electrónicos muy sensibles a las condiciones ambientales. Se debe elegir uno lo suficientemente robusto como para aguantar las condiciones ambientales presentes.

Según la demanda la potencia de diseño del inversor será de 8.0 kW, por lo que seleccionamos 02 unidades de inversores de 4 kW con las características siguientes:

Inversor Xantrex XW4024 4000W, 24VDC/220 VAC Inverter



Figura 3.13: Inversor banco de baterías

3.3.4 ESTRATEGIA DE CONTROL

El funcionamiento del sistema híbrido es muy sencillo. Hay una red formada por dos elementos generadores (paneles fotovoltaicos, aerogenerador) y el regulador, que es el corazón de toda la instalación. El sistema de control detectará el nivel de carga de las baterías y, a medida que no sea necesaria más energía, irá desconectando los elementos generadores. Este proceso será progresivo eliminando uno a uno los sistemas. Si en algún momento se detecta que el nivel de carga de las baterías está por debajo del 65%, automáticamente se conectará algún sistema de generación para su carga. De esta forma se obtiene un sistema aislado basado en energías renovables, que forma una red propia.

Se aplicará un programa regular de operación y mantenimiento del equipo de sistema híbrido eólico-fotovoltaico; el proyecto considera las futuras ampliaciones en otras zonas aisladas de la red.

El proyecto potenciará la experiencia del equipo de trabajo, ingenieros y técnicos puesto que representa la aplicación de tecnología innovadora en el Perú, que además cuida el medio ambiente disminuyendo la contaminación ambiental, obteniendo otros beneficios complementarios:

- Brinda entrenamiento al personal técnico en la operación y el mantenimiento.
- Sirve de ejemplo de los beneficios ambientales que se logra con la aplicación de fuentes renovables en viviendas rurales aisladas

3.4 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO:

Para la selección de la mejor alternativa de inversión del proyecto realizamos el análisis económico y técnico, lo que presentamos en el siguiente cuadro resumen:

ALTERNATIVAS EVALUADAS	SOLAR	EOLICO	BATERIA	FIABILIDAD N-1	COSTO TOTAL (US\$)	COMENTARIO
SISTEMA SOLAR + EOLICO + BATERIA	64%	36%	64%	SI	17552.00	En las noches, si falla el sistema eolico si existe respaldo por bateria para la carga de uso comun
SISTEMA SOLAR + EOLICO + BATERIA	36%	64%	64%	SI	18784.00	En las noches, si falla el sistema eolico si existe respaldo por bateria para la carga de uso comun
SISTEMA SOLAR + BATERIA	100%	0%	100%	NO	25592.00	En las noches, si falla el sistema de baterias no existe respaldo para la carga de uso comun
SISTEMA EOLICO + BATERIA	0%	100%	64%	SI	21908.00	En las noches, si falla el sistema eolico si existe respaldo por bateria para la carga de uso comun
21 KM DE RED MT 22.9 KV	0%	0%	0%	NO	840000.00	Si falla la red electrica MT Casma-La Gramita, no existira respaldo de suministro electrico

Tabla 3.11 : Costos de alternativas

Para la comparación se han obviado los costos de la red de BT de distribución de la electricidad hasta cada vivienda, locales y la red de Alumbrado Público, porque la misma debe ser considerada en los diferentes casos evaluados del proyecto. Se han despreciado los costos de accesorios, equipos electrónicos, reguladores e inversores en el caso de los sistemas fotovoltaicos, eólicos y baterías.

Se deduce que la mejor alternativa técnica y económica es la implementación del sistema híbrido solar + eólico + baterías, con un costo aproximado de inversión de US\$18 000.00.

Asimismo podemos deducir que la peor alternativa es la construcción de la red de MT en 21 km de distancia, se ha considerado el costo de US\$ 40000.00 /km red aérea (Estadística Costos – Octubre 2014, Fuente Edelnor), desde el punto de alimentación más cercano de la red eléctrica en la ciudad de Casma, con un monto de inversión aprox. a los US\$ 840 000.00.

A continuación realizaremos una valoración más detallada respecto a la inversión en equipamiento del sistema híbrido proyectado.

I. DETALLE DE COSTOS DEL PROYECTO DE MEJOR ALTERNATIVA

Sistemas Híbrido Aislado de la Red

Sistemas Híbridos Eólicos-Fotovoltaicos		38633.92
	FOB US\$	LOCAL US\$
Paneles solares 28*240 W	5600.00	7280.00
Aerogenerador de 2 kW	1368.00	1778.40
Banco de baterías 2600AH, 24 V, 2x12x1300 AH	14288.40	18574.92
Regulador de carga 5x60A, 24 V	3144.00	4087.20
Inversor DC/AC 8kW 2x4kW 24Vcc/230VCA-60Hz	5318.00	6913.40
Red Distribución eléctrica BT		13832.00
Red BT para 76 viviendas (182 US\$/vivienda)		13832.00
Red BT para 02 locales, 01 posta medica		
Red Alumbrado publico		
Instalación y servicio técnico		5246.59
Costo Total (US\$)		57712.51

Inversiones en equipamiento para los Sistemas Híbridos eólicos-fotovoltaicos

Description	Costo Total Estimado (US\$)
Instalación de un Sistemas Híbrido aislado de la red (Paneles solares de 28x240 Wp, Aerogenerador 01x 2 KW y Baterías 2600 AH de 24x1300AH c/u)	57712.51
Costos de Ingeniería/Contingencias imprevistos	2885.62
TOTAL COSTO ESTIMADO (US\$)	60598.14

Tabla 3.12: Inversión en equipamiento de un sistemas híbrido en viviendas aisladas

Costos Anuales de Operación y Mantenimiento

Description	Costo Total Estimado (US\$) por año
Anual por Operación y Mantenimiento	1211.96
TOTAL COSTO ESTIMADO	1211.96

Tabla 3.13: Costos anuales de operación y mantenimiento

3.4.1 ESTIMACIÓN DE LA INGRESOS POR VENTAS DE ENERGÍA

Para la estimación de los ingresos por la venta de energía a los usuarios, estimamos el consumo promedio que corresponde a cada cliente efectuando la división entre el consumo total de la energía de la Caleta La Gramita entre el número de viviendas existentes. De esta forma resulta que la energía mensual consumida por la población es de 49.5 kWx 30 días = 1477.5 KWH. Lo que equivale a 19.44 kwh por vivienda mensualmente.

Según el pliego tarifario del mes de Noviembre del 2014 (Ver Anexo 3), se muestra que el costo de unitario de venta de energía para la tarifa BT5B es igual a:

$$\text{Precio Unitario S/. KW-h} = 0.2707$$

Los ingresos por venta de energía mensual de cada vivienda serán:

$$\text{Ingresos Venta Energía}_{\text{mensual}} = \text{Precio Unitario} * \text{Energía}_{\text{mensual}}$$

$$\text{Ingresos Venta Energía}_{\text{mensual}} = 0.2707 \text{ (S/./kw-h)} * 19.44 \text{ (kW-h)}$$

$$\text{Ingresos Venta Energía}_{\text{mensual}} = \text{S/}. 5.26$$

$$\text{Ingresos Venta Energía}_{\text{anual}} = \text{S/}. 63.15$$

Los ingresos totales por venta de energía a las 76 vivienda serán:

$$\text{Ingresos Total Venta Energía}_{\text{anual}} = 76 \times 63.15 = \text{S/}. 4796.00$$

$$\text{Ingresos Total Venta Energía}_{\text{anual}} = \text{US\$ } 1714.00$$

- **Experiencia recogida de ADINELSA en la operación de Sistemas Fotovoltaicos domiciliarios**

El modelo de administración utilizado es con la participación de los usuarios. En las comunidades en las que se ha instalado los SFD, se ha seguido, en forma estandarizada, un convenio entre ADINELSA y el CPE que especifica lo siguiente:

- Pago único por derecho de conexión de S/. 150.00 por usuario
- Pago mensual de S/. 20.00 por usuario por el uso del SFD

- El compromiso de los usuarios de custodiar el SFD, no trasladarlo, ni modificar sus instalaciones.
- La obligación de devolver a ADINELSA los equipos que conforman el SFD, en el caso de que la red pública resulte, en el futuro, accesible a la comunidad.

El modelo de administración fue implementado el año 2002 en Cerro de Pasco. A efecto, se suscribió un Convenio de Administración entre ADINELSA y el Comité Pro Electrificación local. Una réplica se materializó el año 2002 en el poblado de Palca, distrito de Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

(MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, BANCO MUNDIAL, Lima, Noviembre 2005 - MEJORAMIENTO DE LA ELECTRIFICACIÓN RURAL MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FONDOS CONCURSABLES, Estudio de Preinversión a nivel de Pre – Factibilidad)

- **Propuesta de costos para pago de clientes del servicio de electricidad en la Caleta La Gramita**

Utilizaremos esta información como referencia para el flujo financiero, por ser una experiencia ya implementada con éxito. Sin embargo consideraremos solo el 50% de los montos considerados por ADINELSA, según mostramos a continuación:

- ***Pago único por derecho de conexión de S/. 75.00 por usuario***
- ***Pago mensual de S/. 10.00 por usuario por el uso del Sistema Híbrido***

El pago mensual de cada cliente compensa incluso los costos promedio de cada vivienda y de las cargas de uso común como el Alumbrado Público. Es el costo que reemplaza al gasto por velas, mecheros o grupos electrógenos que actualmente usan para iluminación.

El costo único por conexión también será evaluado como alternativa para su implementación.

Ingresos totales por Costo de conexión 76 viviendas + 4 uso común

Ingresos Total por Conexión= $80 \times 75 / 2.80 = \text{US\$ } 2142.86$

Los ingresos totales por venta de energía a las 76 vivienda + 4 uso común:

Ingresos Total Venta Energía $_{\text{anual}} = 80 \times 10 / 2.80 = \text{US\$ } 3257.14$

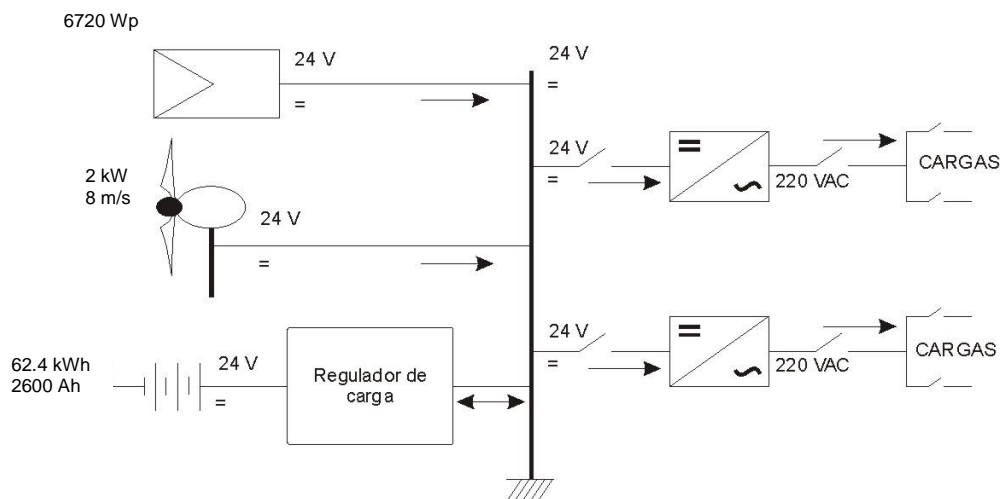


Figura 3.14: Representación de un Sistema Híbrido

3.5 PLAN DE IMPLEMENTACION

Según lo indicado en el acápite 3.1 de Alternativa de Solucion sobre el alcance del proyecto, el plan de implementacin sera el siguiente:

METODOLOGIA PARA DESAROLLAR EL ENTREGABLE

- Diagnostico
- Programa de implantación
- Planificación
 - Diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red
 - Tecnología de equipos a utilizar, empleo de software Homer
 - Criterios de optimización del sistema hibrido
 - Modalidades de financiamiento y tarifas
- Integración de la documentación
 - Presentación del proyecto
 - Conclusiones y recomendaciones

DIAGRAM DE GANNT

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
○ Diagnostico	X			
○ Programa de implantación	X			
○ Planificación	X	X		
▪ Diseño del sistema hibrido fotovoltaico-eólico aislado	X	X		
▪ Tecnología de equipos a utilizar		X		
▪ Criterios de dimensionamiento optimo		X		
▪ Modalidades de financiamiento y tarifas		X		
○ Integración de la documentación		X	X	
▪ Presentación del proyecto				X
▪ Recomendaciones y conclusiones				X

Tabla 3.14 Diagrama de actividades

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS OPERATIVOS

4.1.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Las mediciones de caracterización (curva I-V) de un módulo fotovoltaico permitieron determinar la corriente de cortocircuito, para poder con ésta realizar los cálculos de la Irradiancia solar y de la temperatura del módulo.

Los resultados fueron, la potencia nominal de sistema fotovoltaico será de 6720W (28 x 240 Wp), considerando que la radiación promedio de la zona es de 5,75 kWh/m², se obtuvo:

La energía total estimada por el sistema fotovoltaico de 28x240 Wp es:

Energía Generada/día = $28 \times 240 \times 5,75 = 38,64$ KWh

Energía Generada/año = $28 \times 240 \times 5,75 \times 365 / 1000 = 14103,6$ KWh

4.1.2 ENERGÍA EÓLICA

Las mediciones de caracterización de un aerogenerador permitieron obtener su curva de potencia (P (W) - V(m/s)). En el proceso experimental realizado, se planteó las siguientes tareas:

- Medida de las curvas I-V en función de la velocidad del viento
- Medida de las curvas I carga-velocidad del viento para dos condiciones de carga de batería 24 - 48 Vcc.

Los resultados fueron, los siguientes:

- La potencia nominal de sistema eólico seleccionado será de 2 kW (8m/s. altura de la torre 6m)

- La velocidad del viento a 6m/s es de 5,26 m/s, esto se calcula en función a la velocidad media a 80m de la superficie es 7m/s (Atlas Eólico del Perú)
- Extrapolando de la curva de potencia del fabricante de maquinas eólicas se determina que la potencia resultó de 800W (5,26 m/s).

Luego se determinó la energía generada al año:

$$\text{Energía Generada/año} = 800 \times 24 \times 365 / 1000 = 7008 \text{ KWh}$$

4.1.3 BATERÍAS Y REGULADOR DE CARGA

El conjunto paneles mas aerogenerador genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación o batería con una capacidad de 2600A/día y 24 Vcc. Este sistema consta de 24 baterías (1300AH y 2V cada uno) interconectadas en 12 unidades en serie y 2 grupos en paralelo.

El regulador de carga seleccionado es de 5x60A, 24 V

4.1.4 INVERSOR DC/AC

Según la demanda calculada, la potencia de diseño del inversor resultó ser de 8 kW, por lo que se seleccionó 2 x 4KW 24Vcc/230 VCA 60 Hz

4.1.5 SUMA DE ENERGÍAS

El objetivo de esta etapa es obtener mediciones sobre los métodos de trabajo y las curvas de potencia (Icarga - V) del sistema híbrido eólico-fotovoltaico. Se determinó mediante el cálculo sencillo en Excel y corroborado posteriormente mediante programa computarizado HOMER, que el funcionamiento óptimo del sistema híbrido es la combinación óptima del sistema Solar-Eólico-Baterías, con un funcionamiento del 64% del sistema solar (durante el día), un 36% para el sistema eólico (durante las tardes y horas de viento) y un 64% para la descarga de la batería (en ausencia de recursos eólicos solares, para abastecer las cargas de uso común)

4.1.6 REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Para calcular la reducción de emisiones se requiere saber la energía generada anual por el Sistema Híbrido que cubre la demanda de la comunidad rural “La gramita de Casma” y el factor de emisión.

- Factor de Emisión(Fe) tiene un valor igual a :

$Fe = 0,54 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq/MWh (FONAM Perú 2007), entonces:}$

$\text{Emisiones CO}_2 = E_{\text{generada anual}} * Fe$

$\text{Emisiones CO}_2 = 49250 \text{ WH} * 365 * 0,547 / 10^6 \text{ WH}$

$\text{Emisiones} = 9833 \text{ Kg de CO}_2 \text{ por año} = 9,833 \text{ Ton CO}_2/\text{año}$

$\text{Emisiones en 20 años} = 196,66 \text{ Ton CO}_2/\text{año (sin considerar tasa de crecimiento poblacional)}$

4.1.7 COSTO DE SISTEMAS

El resultado del análisis comparativo de alternativas para el suministro de energía eléctrica se muestra en el siguiente cuadro:

Alternativas Evaluadas	COSTO (US\$)
Sistema Solar - Batería	25592
Sistema Eólico - Batería	21908
Sistema Híbrido - Batería	17552
Sistema redes MT	840000

Tabla 4.1 : Costos de alternativas

4.2. RESULTADOS COMPUTACIONALES

Ver Anexo I.

4.3 RESULTADOS ECONÓMICOS FINANCIEROS

Ver Anexo III

CONCLUSIONES

1. Mediante el aprovechamiento del recurso eólico y solar con la implementación de Sistema Híbridos eólicos-fotovoltaicos para la Caleta “La Gramita de Casma” se logra una solución técnica y económicamente viable. Es un proyecto de inversión social porque genera beneficios a toda la comunidad y mejora de la calidad de vida, sin embargo desde el punto de análisis como proyecto privado es necesario efectuar un subsidio no retornable que equivale al 80% de la inversión para que el proyecto sea rentable, estimando un tiempo de recupero de la inversión de 20 años a una tasa interna de retorno del 16,80%.
2. Los sistemas Híbridos son fiables, pues tienen una ventaja al aprovechar dos fuentes de alimentación energética (el sol y el viento), de esta forma se reduce el tamaño de la batería en comparación con un sistema de una sola tecnología.
3. A partir de la estimación de recursos se concluye que la zona de estudio presenta velocidades promedio anuales superiores a 5,26 m/s, la maquina eólica seleccionada fue un aerogenerador de 2 kW de e irradiancia global anual superior a 5,75 kWh/m² uno de los valores más altos por la característica costera del lugar e interesante para llevar a cabo proyectos de electrificación aprovechando estos recursos naturales. En base a los cálculos de diseño se obtuvo una generación fotovoltaica anual de 14103,6 kWh y eólica anual de 7008 kWh y 24 baterías de 1300AH y 2V
4. Como resultado de cálculo del programa en hoja de Excel (fuente elaboración propia) nos permite dimensionar estos sistemas, mediante la combinación óptima de las fuentes fotovoltaicas, el aerogenerador y las baterías. Obteniéndose que los aportes para un funcionamiento óptimo

son con energía eólica un 36% para abastecer cargas de viviendas, un 64% para generación fotovoltaica para abastecer cargas sólo de uso común y mediante acumuladores o baterías un 64% para abastecer cargas de uso común en ausencia de recursos eólicos y solares. Dichos cálculos fueron corroborados mediante el cálculo refinado del programa computacional HOMER para sistemas híbridos.

5. La metodología de cálculos y criterios de optimización aportados han permitido demostrar los beneficios de los sistemas de generación híbridos en relación a las otras alternativas, mostrando rentabilidad económica por la menor inversión y mayor fiabilidad en el suministro eléctrico. De esta manera se ha demostrado que el costo de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico equivale al 70% del costo de un sistema netamente eólico con baterías, y que el costo relativos respecto a un sistema de generación netamente solar con baterías representa el 60% del costo total de inversión, y para en relación a la alternativa de implementar la red de MT para enlazar desde la ciudad de Casma a la Gramita la proporción del costo es del 3% del costo de inversión en la red MT, a esto debemos añadir que estos sistemas tienen mayor fiabilidad para la continuidad del servicio eléctrico.
6. Es posible disminuir los costos de un sistema híbrido porque se puede clasificar el tipo de carga otorgándole prioridades de criticidad, en el caso de nuestro estudio esto nos permitió reducir la capacidad de las baterías para atender las cargas de uso común.
7. El proyecto por ser de carácter modular permite que en el futuro pueda ser ampliado, extendiendo la oferta a los incrementos de carga por el crecimiento demográfico. Es probable que esto suceda después de la implementación del proyecto en la zona.
8. Con la ejecución de este proyecto se logra una reducción de emisiones de CO₂ a la atmosfera de 9,833 ton CO₂ por año. Si masificamos este proyecto a zonas costeras de característica similar como son las caletas

“La isilla”, “lobos”, “Tortuga” en Paita, “La Planchada”, “Los organos”, “La Sorda”, “Matacaballos”, se lograría reducir más el impacto ambiental es decir reducir las emisiones a la atmósfera un total de 78,64 ton CO₂ por año y consecuentemente mejorar calidad de vida de los moradores de la zona aislada de las redes eléctricas.

9. Si no se efectúa el financiamiento con fondos no retornables el proyecto no es factible económicamente ya que arroja un valor de TIR de 1,52% y un VAN negativo inferior a -37224 US\$, para los horizontes de evaluación de 20 años.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar la instalación del sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de electricidad en la Caleta La Gramita, habiéndose demostrado como mejor alternativa, lo que permitirá además atender un anhelo de la población postergado por más de 50 años.
2. Emplear esta metodología en otros lugares del país, sobre todo en zonas costeras de característica similar como las que tenemos identificado a la fecha que suman ocho centros poblados como una herramienta de cálculo y criterios de dimensionamiento e implementación de los sistemas híbridos.
3. Se debe considerar que cada lugar presenta sus propias características, sobre las fuentes de radiación solar y de viento, accesos a la red pública como variables que pueden cambiar el análisis del proyecto.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad Rural, Dirección de Fondos Consursables, “Guía de Proyectos de Presentación de Proyectos de Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica-FV”. Lima (2012)
2. Universidad Politécnica de Valencia, D. Yecid Alfonso Muñoz, “Optimización de Recursos Energéticos en Zonas Aisladas mediante estrategias de suministro y consumo”. Tesis Doctoral, Valencia, España (2012).
3. Green Energy Consultoría y Servicios SRL, Msc Ing. Carlos Orbegozo “Energía Eólica Manual técnico para pequeñas instalaciones”. Lima Perú (2010).
4. Green Energy Consultoría y Servicios SRL, Msc Ing. Carlos Orbegozo “Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias”. Lima Perú (2010).
5. H. Gabler, K. Heidler, V.U. Hoffmann, “Market introduction of grid connected photovoltaic installations in Germany”. Actas del XIV Congreso europeo de Energía solar fotovoltaica, 27, Barcelona, España (1997).
6. Ministerio de Energía y Minas, “Balance nacional de energía”. Año 2007.
7. Ministerio de Energía y Minas, “Sector energético del Perú”. Año 2008.
8. Comunicado de la Comisión Europea al Parlamento Europeo y al Consejo. COM (2005) 265; “Libro Verde sobre la eficiencia energética”. Año 2005.
9. Norma técnica EM.010 instalaciones eléctricas interiores. Art. 3º Cálculo e iluminación. http://www.ing.udep.edu.pe/civil/material/vial/Bibliografia/Reglamento_nacional_de_edificaciones/EM.010.pdf
10. Apuntes de clases del Curso “Plan del Informe Tesina”, Prof. Ing. Wilfredo Pimentel, Diplomado de Desarrollo Sostenible, Convenio UNI FIIS y CARELEC MEM, año 2011.

11. Propuesta de Política Energética de Estado PERU 2010-2040, Ministerio de Energía y Minas, Vice ministerio de Energía, 31.05.2010.
12. “Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos (SFD)”, Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad/Dirección Normativa de Electricidad, 15.12.2007.
13. Reglamento Técnico “Configuración de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos y Ensayos”, Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad, Junio 2004.
14. Implementación de un sistema óptimo de generación híbrida Eólico-Fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en Casma, Ing. Hector Tinoco Herrera - Juan Chercca Ramírez, Diplomado en Energías Renovables 2013, Convenio UNI FIIS y CARELEC MEM, año 2013.
15. Universidad Rey Juan Carlos, Freddy R. Acosta Buenaño, “Diseño Optimo de un sistema de electrificación autónomo híbrido eólico-fotovoltaico para redes de telecomunicaciones en zonas rurales”. Máster en Redes de Telecomunicación para Países en Desarrollo, Fuenlabrad, España (2012).

ANEXO I

RESULTADOS COMPUTACIONALES

Luego de crear nuestro esquema del sistema (Figura I.1), procedimos a ingresar la información necesaria para que HOMER pueda realizar el cálculo respectivo, accediendo a las opciones respectivas.

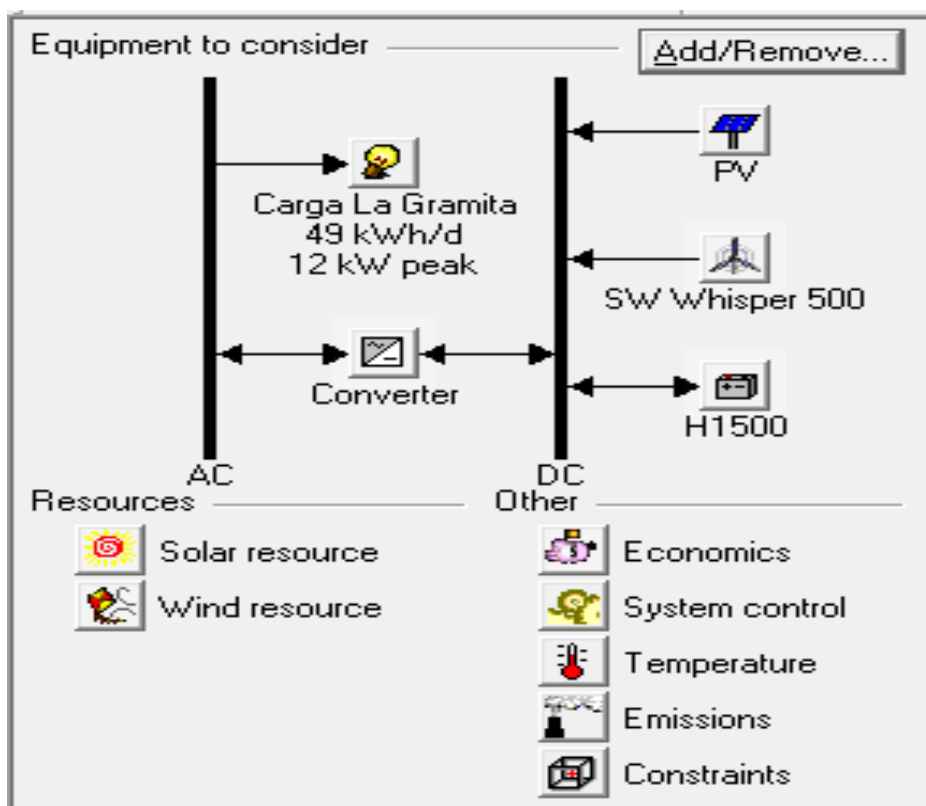


Figura I.1: Esquema del sistema simulado en HOMER

5.2.1 Fuente Solar

HOMER utiliza los insumos de recursos solares para calcular la potencia del generador fotovoltaico para cada hora del año. Se introduce la latitud y longitud, y el programa con su base de datos online, nos da la opción de obtener la información sobre este recurso. En la Figura I.2 observamos lo obtenido para nuestro caso.

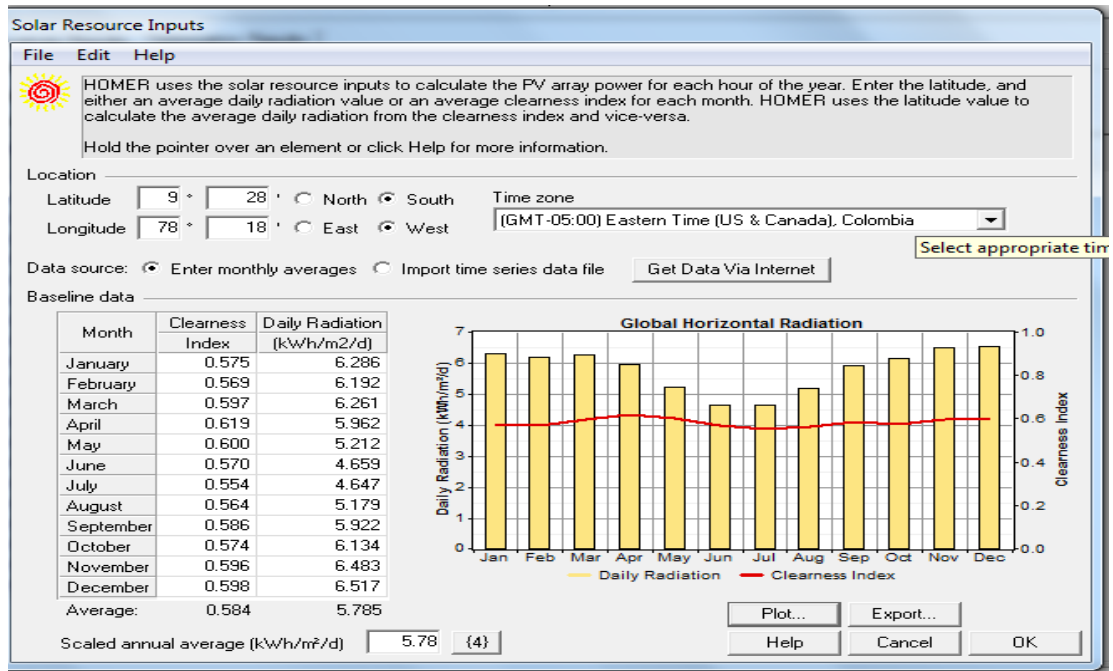


Figura I.2: Ventana Solar Resource Inputs de HOMER

5.2.2 Fuente Viento

HOMER utiliza insumos del recurso eólico para calcular la potencia de la turbina de viento cada hora del año. Introduciendo la altitud y la velocidad de viento media para cada mes.

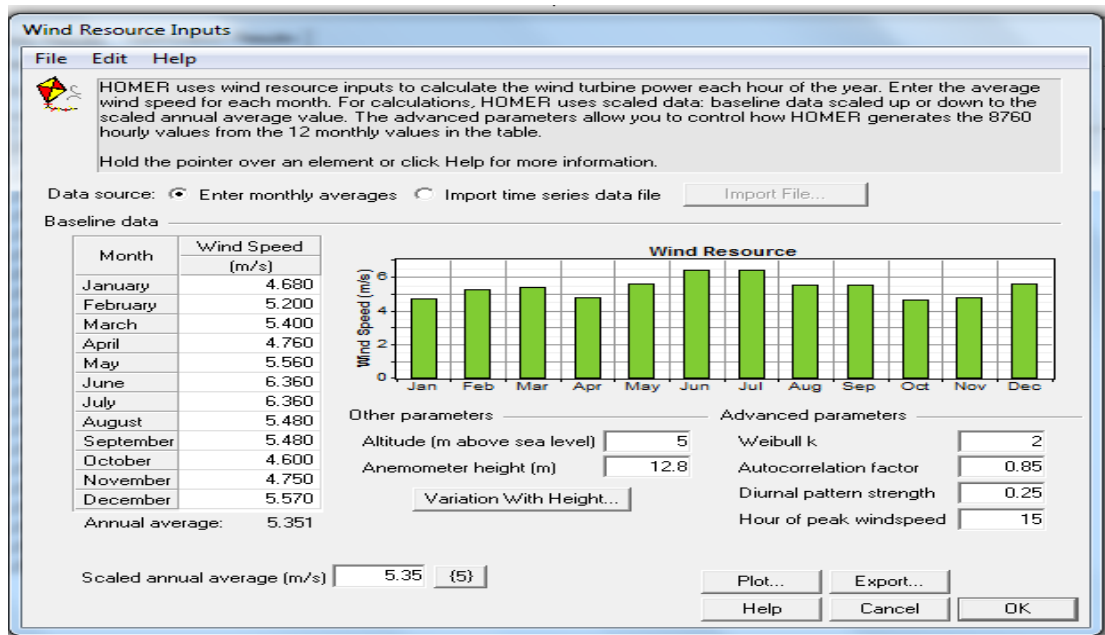


Figura I.3: Ventana Wind Resource Inputs de HOMER

5.2.3 Carga Primaria

Se escoge el tipo de carga (DC o AC), se ingresa 24 valores de carga y una escala promedio anual (Figura I.4).

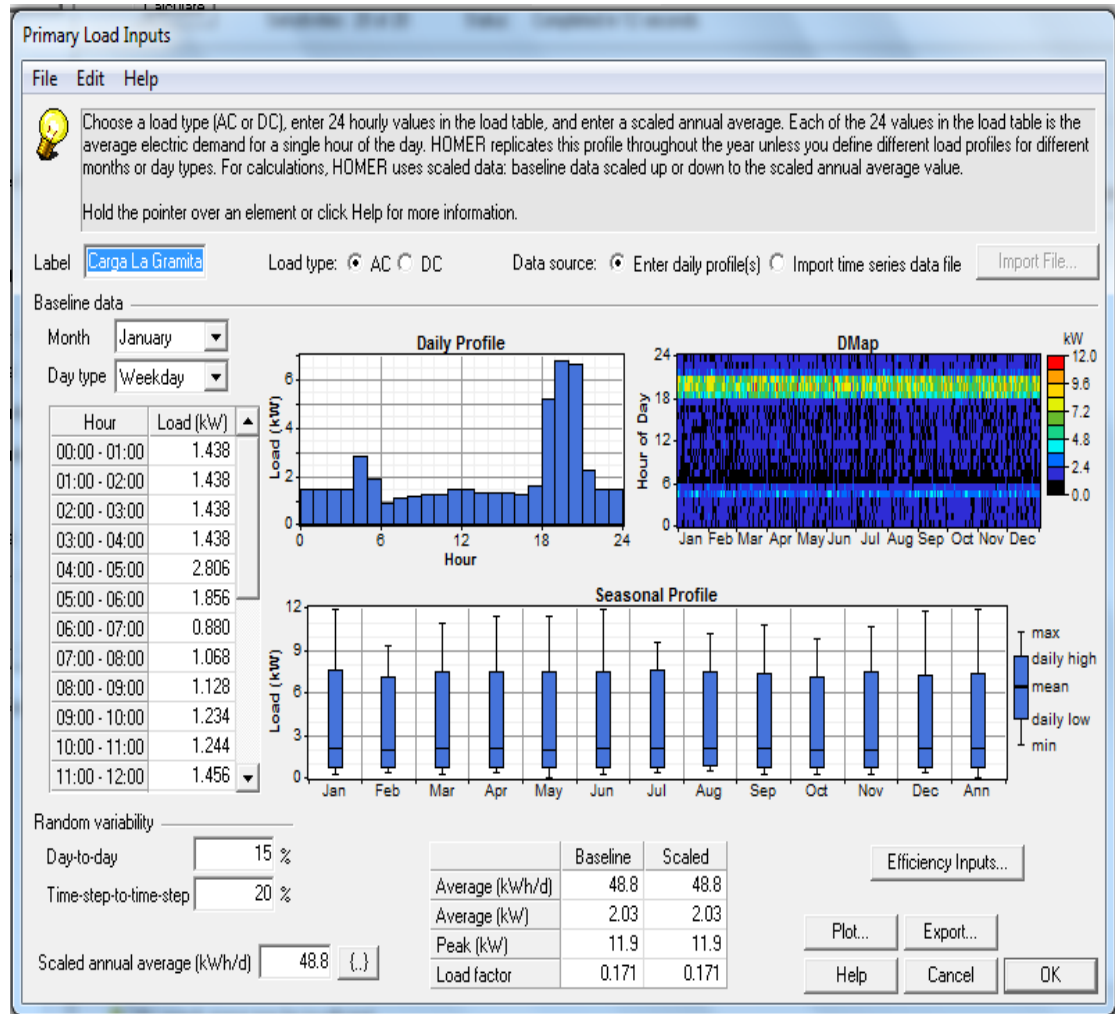


Figura I.4: Ventana Primary Load Inputs de HOMER

5.2.4 Panel Fotovoltaico

Se ingresa por lo menos un tamaño de panel y el valor del costo de capital (incluye los módulos, hardware de montaje e instalación, etc.) (Figura I.5).

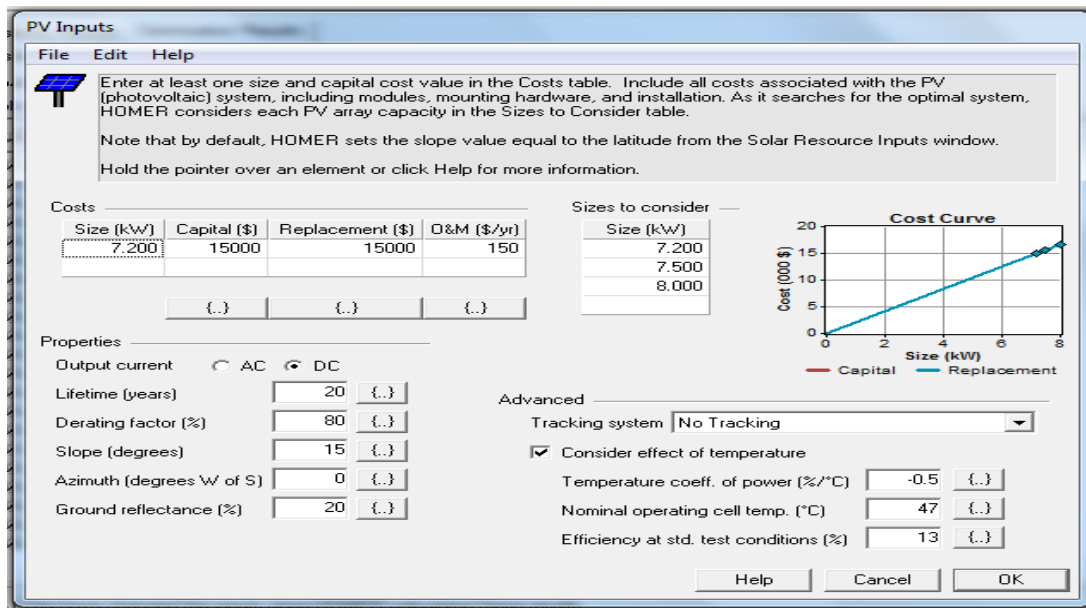


Figura I.5: Ventana PV Inputs de HOMER

5.2.5 Turbina Eólica

Se elige un tipo de turbina eólica y el valor del costo de capital en la tabla de costos. Incluye el costo de la torre, el controlador, el cableado y mano de obra.

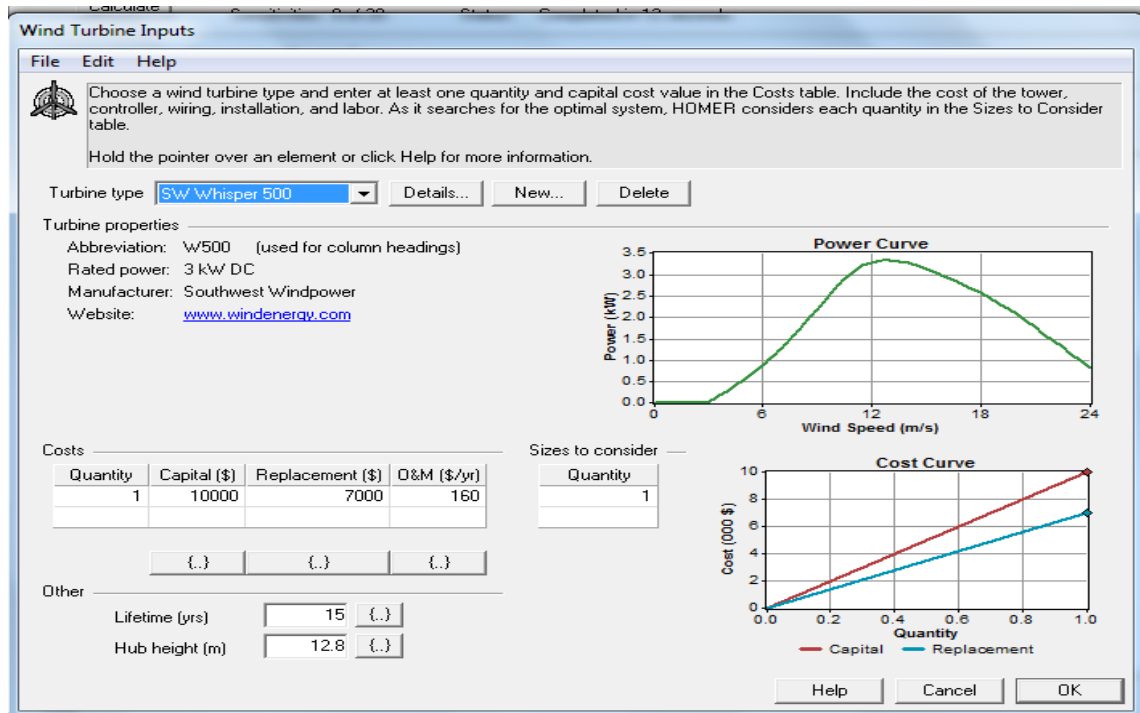


Figura I.6: Ventana Wind Turbine Inputs de HOMER

5.2.6 Batería

Elegimos un tipo de batería y el valor del costo de capital en la tabla de costos. Incluye todos los costos asociados con el banco de baterías, como un hardware de montaje, instalación y mano de obra (Figura I.7).

Battery Inputs

File Edit Help

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: **Hoppecke 12 OPzS 1500** Details... New... Delete

Battery properties

Manufacturer: Hoppecke
Website: www.hoppecke.com
Nominal voltage: 2 V
Nominal capacity: 1,500 Ah (3 kWh)
Lifetime throughput: 5,136 kWh

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
12	300	300	20.00

Sizes to consider

Strings
8
16
24

Advanced

Batteries per string: 4 (8 V bus)
 Minimum battery life (yr): 2

Cost Curve

Cost (\$)

Quantity

— Capital — Replacement

Help Cancel OK

Figura I.7: Ventana Battery Inputs de HOMER

5.2.7 Convertidor

Elegimos un tipo de Inversor y el valor del costo de capital en la tabla de costos. Incluye todos los costos asociados con el banco de baterías, como un hardware de montaje, instalación y mano de obra (Figura I.8).

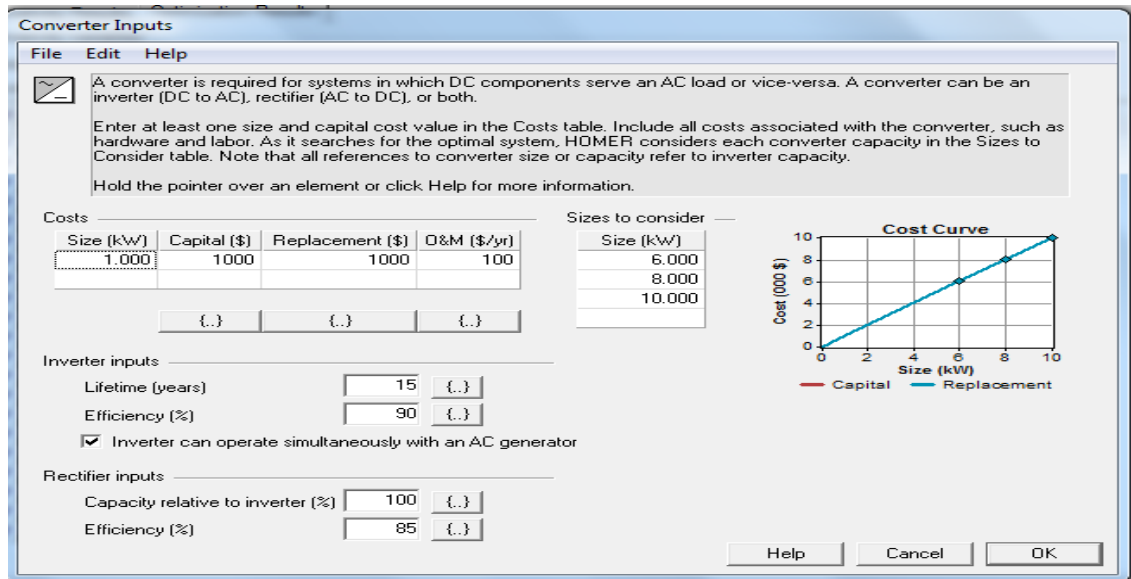


Figura I.8: Ventana Converter Inputs de HOMER

5.2.8 Sistema Híbrido

Los resultados de la simulación del sistema híbrido con el cálculo refinado:

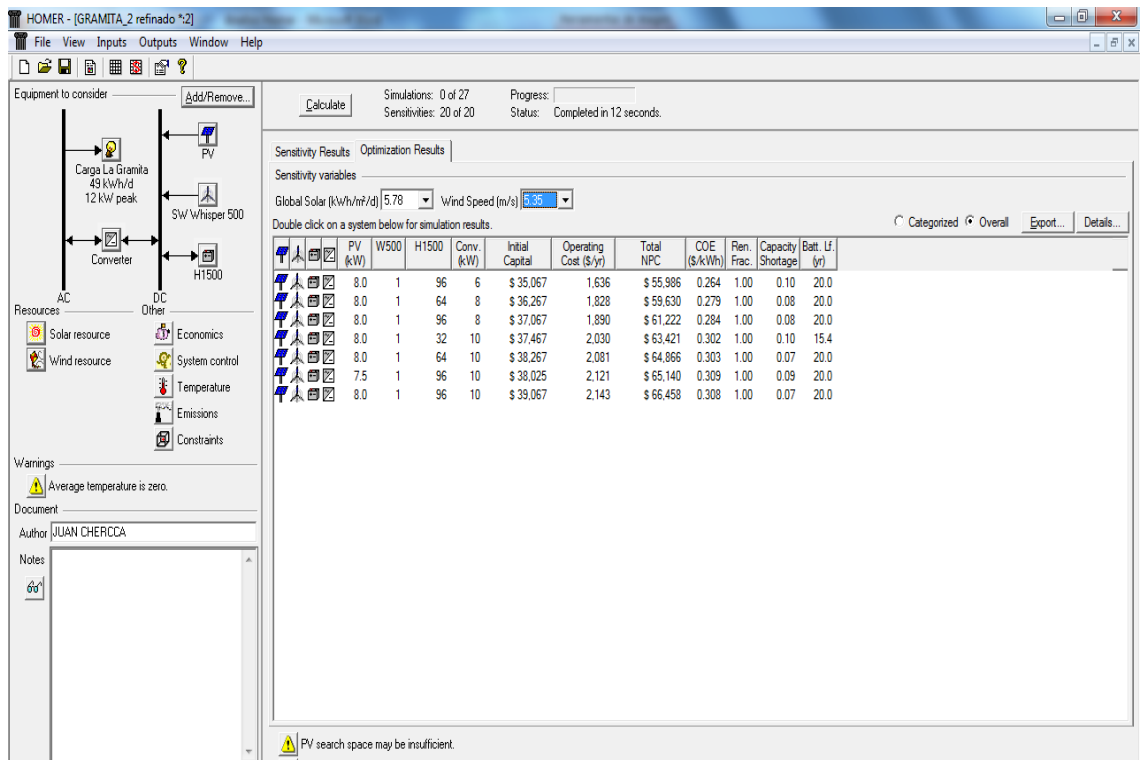


Figura I.9: Ventana Híbrido refinado de HOMER

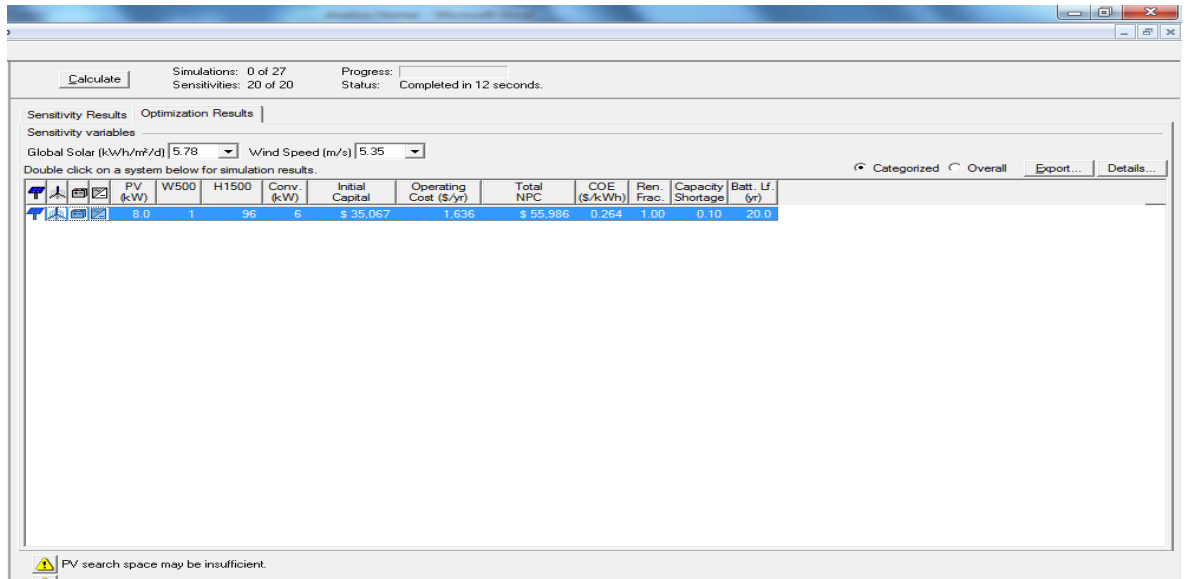


Figura I.10: Cálculo refinado de HOMER

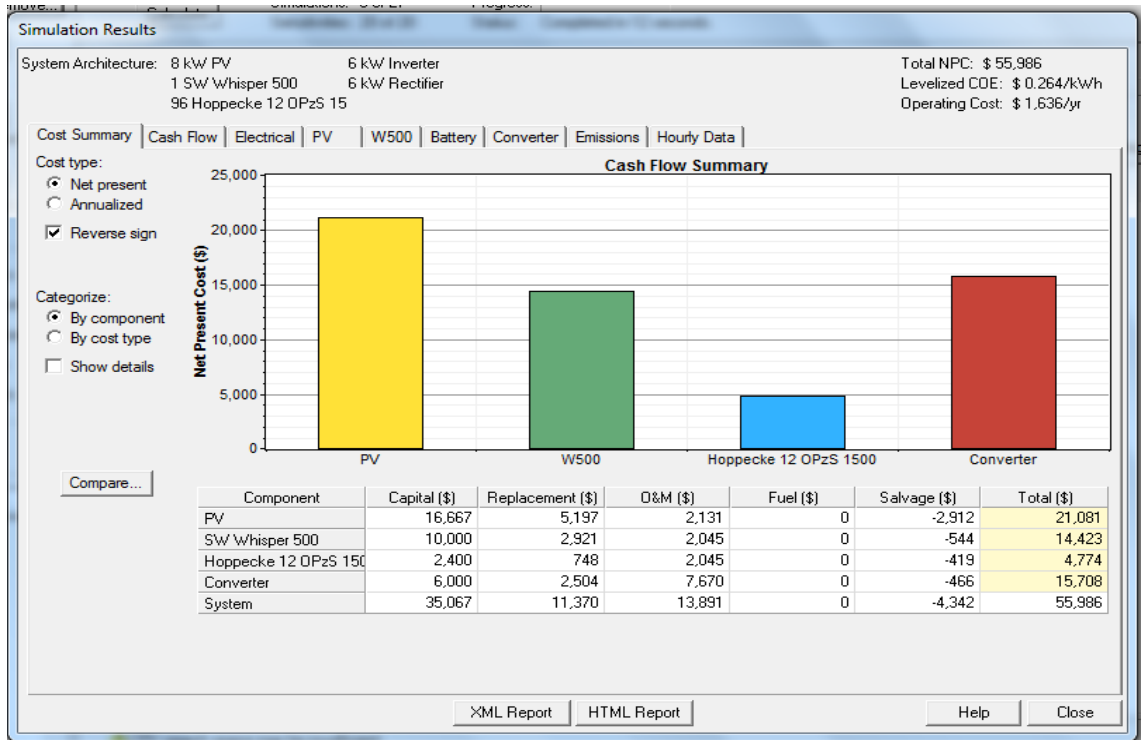


Figura I.11: Resumen de Costos HOMER

ANEXO II

GESTION DE RESIDUOS SOLIDO PELIGROSO: BATERÍA

1.- OBJETO

Establecer los procedimientos y precauciones a seguir por parte del administrador o responsable del Proyecto “La Gramita”, sus contratistas, fabricantes para prevenir y controlar la contaminación del personal operativo y del medio ambiente por contacto o derrames del ácido o hidróxido que contienen las baterías de plomo ácido o níquel cadmio utilizadas en la Operación y Mantenimiento del Proyecto.

2.- ALCANCE

Comprende todas aquellas actividades que estén vinculadas con la manipulación de baterías nuevas o usadas de este proyecto.

3.- CONCEPTO

Con el fin de dar claridad al contenido de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

Baterías

Son equipos de respaldo que operan al producirse una interrupción en la alimentación normal de corriente continua, abastecen de corriente continua a los equipos eléctricos de las instalaciones de “La Gramita”.

Batería Plomo - Acido

Consiste en dos o más celdas comunicadas, cada una de estas celdas comprende un vaso celda de polietileno con grupos de electrodos positivos y negativos aislados por un separador de polietileno micro poroso y sumergido en ácido sulfúrico. Cuando el acumulador se carga, la materia activa de la placa positiva está constituida de bióxido de plomo, (PbO₂). La materia activa de la placa negativa está constituida de plomo metálico en estado esponjoso, (Pb). El electrolito es una solución de ácido sulfúrico, (H₂SO₄), y agua, (H₂O). Durante el

funcionamiento se elimina agua, que hay que reponer de cuando en cuando, manteniendo su nivel siempre.

Batería Níquel - Cadmio

Las baterías de Níquel-Cadmio tienen una estructura física similar a las de Plomo-ácido. En lugar de Plomo, se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. El electrolito es Hidróxido de Potasio.

Plomo (Pb)

El plomo una sustancia de color gris o blanco azulado en diversas formas, cambia a oscuro por exposición al aire. Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona con ácido nítrico concentrado caliente, ácido hidroc্লórico y ácido sulfúrico. En presencia de oxígeno reacciona en contacto con agua pura o ácidos orgánicos.

La sustancia puede causar efectos en el tracto gastrointestinal, sangre, sistema nervioso central y riñón, dando lugar a cólicos, shock, anemia, daño renal y encefalopatías.

Hidróxido de Potasio (KOH)

Esta sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (gas combustible explosivo). Rápidamente absorbe dióxido de carbono y agua a partir del aire. El contacto con la humedad o el agua puede generar desprendimiento de calor.

La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión.

Níquel (Ni)

El Níquel reacciona violentamente en forma de polvo, con el polvo de titanio, perclorato potásico y oxidantes tales como, el nitrato amónico, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona lentamente con ácidos no oxidantes y más rápidamente con ácidos oxidantes. Gases y vapores tóxicos

tales como el níquel carbonito pueden producirse en incendios. La inhalación del humo puede originar neumonitis.

Cadmio (Cd)

El cadmio puede explotar por calentamiento intenso. El polvo reacciona con oxidantes, azida de hidrógeno, Zinc, selenio, telurio, causando peligro de incendio y explosión.

La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del humo puede originar edema pulmonar y fiebre de los humos metálicos.

Desechos de Baterías

Son todas aquellas baterías en desuso y todos los implementos que hayan tenido contacto con el contenido de baterías y que estén en desuso.

4.- CONTENIDO

4.1 Actividades que Involucran la Manipulación de Baterías

Las labores propias del mantenimiento o renovación de baterías en las instalaciones de "La Gramita", hacen necesaria la manipulación de estos elementos tanto nuevos como usados. Por lo tanto se requiere que el personal encargado de estas labores tenga presente las implicancias que el manejo inadecuado de estos elementos ocasiona a la salud humana y al medio ambiente.

4.2 Reutilización de Baterías

La vida útil de las baterías es entre 15 a 20 años, por tal razón si estos son retirados antes, debe procurarse su reutilización.

Las baterías sólo se convierten en residuo cuando han terminado su vida útil o sufren algún desperfecto prematuro.

4.3 Almacenamiento de baterías

Por regla general se debe conservar las baterías en un lugar seco, protegido contra las heladas, sobre parihuelas o plataformas y, en la medida de lo posible con una cubierta contra polvo. Por regla general no se puede conservar en el

mismo lugar las baterías de plomo-ácido y de Ni-Cd. La temperatura de almacenamiento recomendado es de 20 °C.

El almacenamiento de las baterías usadas debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El espacio destinado al almacenamiento de las baterías usadas debe reunir las características y la capacidad acordes con el tipo de baterías a almacenar, considerando sus características particulares, la cantidad a almacenar y el tiempo de permanencia. Debe tratarse preferentemente de un lugar ventilado y de poco tránsito.
- El almacenamiento de las baterías usadas debe estar separado del almacenamiento de otro tipo de residuos y de otros materiales incompatibles.
- Las baterías usadas deben ser protegidas de la intemperie.
- El espacio de almacenamiento debe estar señalizado y debe tener acceso restringido sólo a las personas autorizadas.
- Debe contar con medidas de seguridad tales como: mantenerse alejado de fuentes de calor u otras fuentes de energía, ubicado en una zona no inundable, contar con extintores de incendios adecuados, así como con vías suficientes para el desplazamiento de personal o bomberos en caso de emergencia.
- Debe llevarse un control de la entrada y salida de las baterías usadas.
- Debe ser un lugar seco.

Los depósitos deberán contar con todos los elementos de seguridad que permitan prevenir y/o controlar situaciones de riesgo.

4.4 Manipulación de Baterías

4.4.1 Etiquetado

Los contenedores de baterías de Plomo-Ácido serán rotulados con los colores negro-celeste y con la indicación de corrosivo en sus contenedores, las dimensiones de la etiqueta serán de 6x8 cm. Cada color con una separación de 1 cm. entre sí.

Las baterías o los contenedores de baterías Níquel - Cadmio serán rotuladas con etiquetas de colores negro-rojo, las dimensiones de la etiqueta serán de 6x8 cm. Cada color con una separación de 1 cm. entre sí.

4.4.2 Vehículo de Transporte

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Los vehículos que transportan baterías deben tener barandas.
- Poseer una constancia de revisión técnica actualizada emitida por una entidad autorizada.
- Estar acondicionado con un recubrimiento de Jebe, protector plástico o Poliuretano en su tolva.
- El personal que designe la empresa para el manipuleo de éste desecho deberá estar entrenado en el uso del Kit de contingencias.
- No transportar a más personas que las permita su N° de asientos.
- El chofer deberá contar con la licencia de conducir adecuada según el tamaño del vehículo.

En el caso que el vehículo se utilice para el transporte de baterías usadas y son llevadas para disposición final debe contar con:

1. Máscara de cara completa.
2. Filtros para polvos de soda cáustica.
3. Guantes de nitrilo.
4. Carbonato de calcio para neutralizar el ácido (30 kg).
5. Contenedores de fibra de vidrio
6. Etiquetas para rotulación.
7. Escobillas y recogedores.

4.4.3 Consideraciones para la manipulación de baterías

- La manipulación de baterías nuevas se debe ejecutar en lo posible sin llenar el electrolito y tapadas con los tapones de seguridad que son suministrados por el fabricante.
- Para la manipulación de baterías usadas se deberán cambiar los tapones de cierre estándares por tapones de seguridad.
- Las baterías a transportar deberán de manipularse una a una y siempre con los bornes hacia arriba, y no poner una sobre otra.
- Durante la manipulación, el vehículo se deberá ubicar de tal forma que no genere riesgo a la propiedad privada ni a la integridad física de los trabajadores y/o transeúntes.
- Evitar el contacto entre los bornes de las baterías con cualquier instrumento metálico, a fin de prevenir la generación de chispas y la eventual generación de algún incendio.
- Evitar el vertido del electrolito de las baterías a los cuerpos de agua, alcantarillados públicos, drenes y cualquier otro lugar no autorizado.
- Las baterías rajadas o rotas deben ser introducidas sobre bolsas plásticas y manipuladas adecuadamente.
- Cumplir con los requisitos mencionados en las Normas en cuanto a Clasificación, Almacenamiento y Segregación de Residuos y la Disposición Final de Residuos.

4.4.4 Transporte

- Debe ser efectuado por una EPS-RS
- El Transportista está obligado a suscribir un Manifiesto de manejo de Residuos Peligrosos por cada operación de traslado de baterías usadas o de sus partes y componentes de acuerdo a lo

establecido en la Ley General de Residuos Sólidos. Así mismo debe contar con una Póliza de seguros que cubra los posibles daños que puedan ocurrir durante las operaciones de transporte.

- El vehículo en donde se efectúe el transporte debe contar con Autorización para el transporte de residuos.
- La velocidad del vehículo debe ser como máximo 70 kilómetros por hora.
- Las cargas deben ser transportadas preferentemente en las horas de menor congestión vehicular.
- Los desechos transportados no deberán ser abandonados bajo ninguna circunstancia ni contingencia en la vía pública, ante un hecho fortuito se dispondrá de los medios necesarios para recoger los desechos y transportarlos a su destino final.

4.4.7. Disposición Final

Las baterías de Plomo – Ácido podrán ser almacenadas temporalmente hasta ser vendidas a plantas de reciclaje o su disposición final con una EPS-RS.

Las baterías de Níquel – Cadmio serán almacenadas temporalmente hasta ser vendidas a plantas de reciclaje o su disposición final con una EPS-RS.

4.5. Medidas de Seguridad

4.5.1 Seguridad Preventiva

Proveer y asegurar que los trabajadores cuenten con la indumentaria y con los elementos de higiene y protección personal correspondientes; así como con las instrucciones previas necesarias para el adecuado manejo de las baterías.

Se deberá verificar y registrar el uso y estado operativo de los Elemento de Protección Individual (EPI) que utilizarán los responsables de manipular los desechos de baterías, no se permitirá el uso de implementos que no se rijan a las normas establecidas.

4.5.2 Seguridad Básica

El personal que manipula directamente las baterías en el proceso de instalación, carga, recarga, descarga y retiro, además del equipo de protección personal y el uniforme estandarizado debe contar los siguientes implementos de seguridad:

Respirador y careta o mascarilla.

Filtros para polvos de soda cáustica.

Guantes de nitrilo.

Mameluco de Hule.

4.6. Acciones de Emergencia

El manejo de baterías en “La Gramita” se realiza en cantidades menores lo que disminuye el riesgo de accidente, sin embargo a continuación se describen algunas recomendaciones en caso de fugas y derrames de los electrolitos de las baterías:

4.6.1 Fugas y Derrames de Electrolito

El personal designado deberá delimitar la zona colocando las señales de prevención o aviso correspondiente (Transito y Seguridad).

Con el equipo de protección individual puesto se neutralizará derrame de ácido vertiendo sobre el carbonato de calcio hasta que deje de burbujear la reacción química producida.

El personal designado deberá recoger los desechos producidos y se depositarán en contenedores de fibra de vidrio que soporten los elementos químicos de las baterías.

5.- RESPONSABILIDADES

La administración de “La Gramita” y los gobiernos locales son los responsables de hacer cumplir cada una de las actividades indicadas en el presente documento. El contratista cargo de labor de mantenimiento es responsable del cumplimiento de cada una de las actividades

ANEXO III**RESULTADOS ECONÓMICOS FINANCIEROS****RESULTADOS ECONÓMICOS FINANCIEROS**

En esta parte del presente trabajo se mostraran los resultados económicos obtenidos por la implementación del proyecto de energía renovable y los beneficios obtenidos por ello.

Parámetros a tener en cuenta en el flujo de caja del proyecto:

Inversion total del proyecto	(US\$)	57712,51		
Estructura de costos y vida util de sus componentes				
Costo de modulo fotovoltaico	(US\$)	7280	Vida util	(años) 25
Costo de aerogenerador	(US\$)	1778,4	Vida util	(años) 25
Costo de baterias	(US\$)	18574,92	Vida util	(años) 18
Costo inversor	(US\$)	4087,2	Vida util	(años) 5
Costo del regulaor	(US\$)	6913,4	Vida util	(años) 10
Costo de red distribucion electrica BT	(US\$)	13832	Vida util	(años) 30
Costo Cableado y accesorios	(US\$)	5246,592	Vida util	(años) 30
N° consumos posibles				
Domesticos		76		
Uso general incl. AP		5		
TOTAL		81		
Consumos anuales				
Domesticos Total	(KWH/anual)	6424,73		
Uso general incl. AP Total	(KWH/anual)	11552,25		
Coef. Electrificacion				
Inicial	(#)	1		
Final	(#)	1		
Crecimiento anual	(%)	0		
Tarifas				
Cargo Unico por conexión Total	(US\$)	2142,86	26,79 (US\$/domicilio)	
Cargo fijo domiciliario Total	(US\$/anual)	3257,14	4,64 (US\$/domicilio)	
Cargo uso general Total	(US\$/anual)	1028,57	10,71 (S\$/uso comun)	
OyM				
OyM	(US\$/anual)	1154,25		
Otros				
Tipo de cambio	(S/. / US\$)	2,8		
Perdidas	(%)	1		
Tasa de descuento	(%)	12		

FLUJO DE CAJA
EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO - SIN FINANCIAMIENTO FONDO NO RETORNABLE
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO EN CALETA "LA GRAMITA" CASMA (US\$/.)

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)									
	0	1	2	3	4	5	617	18	19
Ingresos (I)										
Pago unico de conexión		2.142,9								
Venta de Energía a domicilios(Incluye uso común)		3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1
Financiamiento Fondo No Retornable	0,0									
TOTAL INGRESOS	0,0	5.400,0	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1
Gastos (G)										
Operación y mantenimiento		1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3
Costo de reposición de inversores							4.087,2			
TOTAL GASTOS		1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	5.241,5	1.154,3	1.154,3	1.154,3
Margen $M = I - G$		4.245,8	2.102,9	2.102,9	2.102,9	2.102,9	-1.984,3	2.102,9	2.102,9	2.102,9
Depreciación D		5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3
Utilidad de part. de trab. $UAPT = M - D$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utilidad desp. de part. trab. $UDPT = UAPT - PT$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utilidad desp. impuestos $UDI = UDPT - IM$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Inversión Io	57712,5									
Valor residual VR										0,0
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		511,0	1.228,9	1.228,9	1.228,9	1.228,9	2.598,1	1.228,9	1.228,9	1.228,9
Flujo de caja neto $FCN = M - PT - IM - Io$	-57.712,5	4.245,8	2.102,9	2.102,9	2.102,9	2.102,9	-1.984,3	2.102,9	2.102,9	2.102,9
Tasa de descuento	6,00%	7,00%	8,00%	9,17%	10,00%	11,00%	12,00%			
VAN	-28.847,8	-32.094,2	-34.730,7	-37.224,2	-38.691,2	-40.196,6	-41.470,9			
TIR	1,52%									

Tabla III.1: Análisis económico del proyecto – Sin Financiamiento de Fondos No Retornables

FLUJO DE CAJA
EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO - CON FINANCIAMIENTO FONDO NO RETORNABLE
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO EN CALETA "LA GRAMITA" CASMA (US\$/.)

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)									
	0	1	2	3	4	5	617	18	19
Ingresos (I)										
Pago unico de conexión		2.142,9								
Venta de Energía a domicilios (Incluye uso comun)		3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1
Financiamiento Fondo No Retornable	46.170,0									
TOTAL INGRESOS	46.170,0	5.400,0	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1	3.257,1
Gastos (G)										
Operación y mantenimiento		1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3
Costo de reposicion de inversores							4.087,2			
TOTAL GASTOS		1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	1.154,3	5.241,5	1.154,3	1.154,3	1.154,3
Margen $M = I - G$		4.245,8	2.102,9	2.102,9	2.102,9	2.102,9	-1.984,3	2.102,9	2.102,9	2.102,9
Depreciación D		5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3	5.771,3
Utilidad de part. de trab. $UAPT = M - D$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utilidad desp. de part. trab. $UDPT = UAPT - PT$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utilidad desp. impuestos $UDI = UDPT - IM$		-1.525,5	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4	-7.755,6	-3.668,4	-3.668,4	-3.668,4
Inversión Io	57712,5									
Valor residual VR										
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		511,0	1.228,9	1.228,9	1.228,9	1.228,9	2.598,1	1.228,9	1.228,9	1.228,9
Flujo de caja neto $FCN = M - PT - IM - Io$	-11.542,5	4.245,8	2.102,9	2.102,9	2.102,9	2.102,9	-1.984,3	2.102,9	2.102,9	2.102,9
Tasa de descuento	6,00%	7,00%	8,00%	9,17%	10,00%	11,00%	12,00%			
VAN	9.145,8	7.775,3	6.558,5	5.301,9	4.505,0	3.635,5	2.852,8			
TIR	16,80%									

Tabla III.2: Análisis económico del proyecto – Con Financiamiento de Fondos No Retornables

ANEXO IV**ESTIMACIÓN DE LA CARGA TOTAL ACTUAL**

ESTIMACION DE CARGA DE CADA VIVIENDA				Factor de simultaneidad		Horas Utiliz.
Uso comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	
Lámpara (sala)	76	20	1	0,1	0,9	6
Lámpara (dormitorio)	76	20	1	0,1	0,9	3
Lámpara (cocina)	76	20	1	0,1	0,9	2
TV Color	76	40	0,25	0,2	0,8	5
Radio receptor	76	10	0,4	0,6	0,4	10
TOTAL (76 viviendas)	76	4834				
TOTAL ENERGIA (kwh)	76	17601,6				

ESTIMACION DE CARGAS ESPECIALES USO COMUN				Factor de simultaneidad		Horas Utiliz.
Uso comun	Cantidad	Potencia (W)	F.U	Día	Noche	
Posta medica	1	298				
Refrigerador de vacunas	1	180	0,6	1,0	1,0	24
Comunicación Radio VHF	1	32	1	1,0	1,0	24
Ventilador	1	40	1	1,0	1,0	10
TV Color	1	60	1	1,0	1,0	12
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10
Lamparas	3	20	1	0,8	0,8	14
Local comunal	1	366				
TV Color	1	60	1	1,0	1,0	9,00
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10,00
Equipo de sonido	1	200	1	1,0	1,0	5,00
Lamparas	6	20	1	0,8	0,8	9,00
Local pescadores	1	406				
Radio receptor	1	10	1	1,0	1,0	10,00
Congeladora	1	580	0,6	1,0	1,0	24,00
Lamparas	3	20	1	0,8	0,8	9,00
Escuela	1	396				
Computador	1	300	1	1,0	1,0	12,00
Lamparas	6	20	1	0,8	0,8	10,00
Alumbrado Publico	1	950				
Lamparas	19	50	1	0	1,0	11,00
TOTAL (usos comunes)	5	2416				
TOTAL ENERGIA (kwh)	5	31650				
TOTAL (La Gramita)		7250 W		49,25 kWH		

Tabla IV.1: Estimación de la carga Total en "La Gramita"

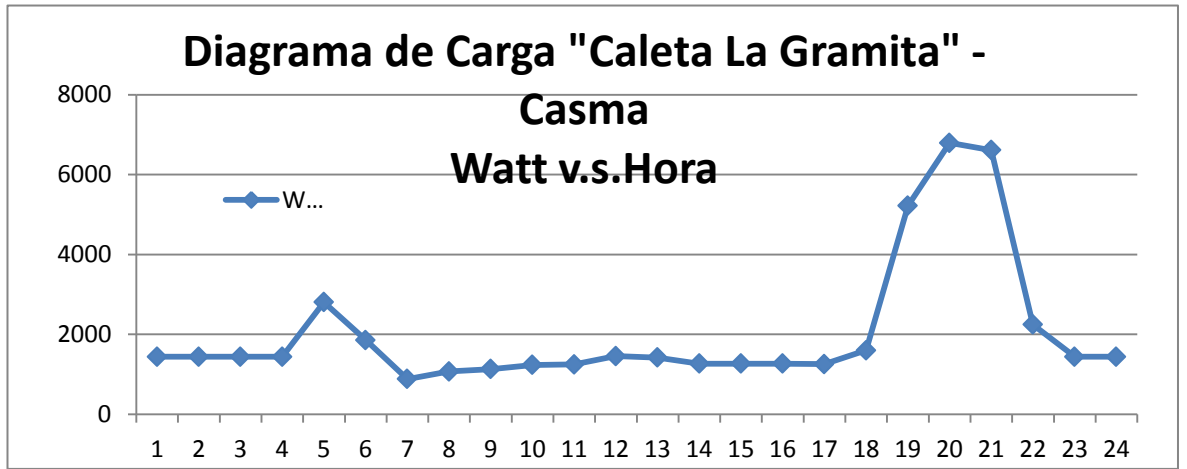


Fig. IV.1: Gráfica de la carga actual

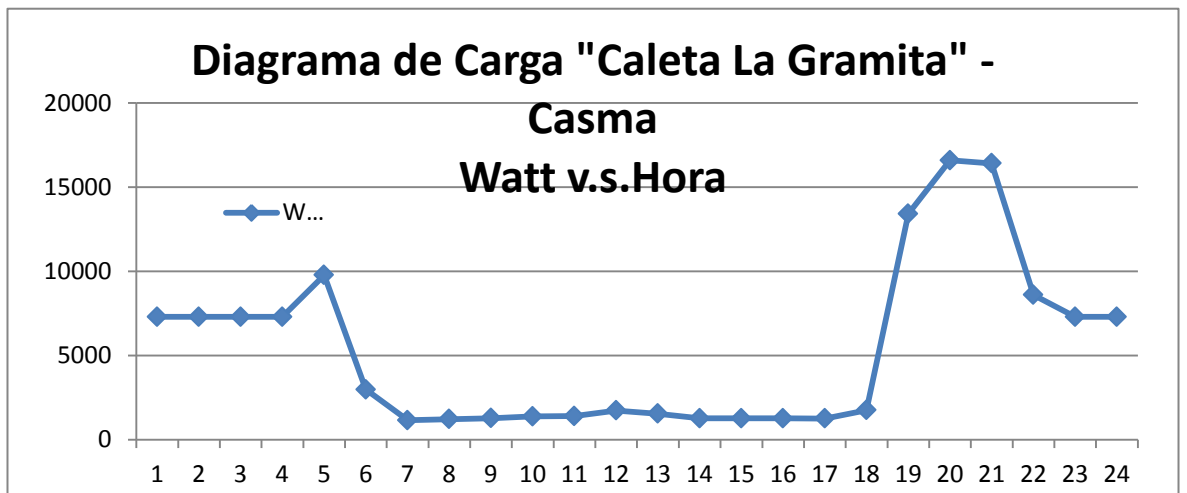


Fig. IV.2: Gráfica de la carga a 20 años

	Energía (Wh)	0:00 - 6:00	7:00 - 18:00	19:00 - 24:00	Energía (wh)	Criterio de diseño	Particip
DEMANDA	carga viviendas	2736	1733	13133	17602		
	carga uso comun	7678	13350	10622	31650		
	Demanda total	10414	15083	23755	49252		
OFERTA	Generacion Eólica	2736	1733	13133	17602	Alimenta carga viviendas	36%
	Generacion Solar	7678	13350	10622	31650	Alimenta carga uso comun	64%
	Acumulacion Batería	7678	13350	10622	31650	Respaldo carga uso comun	64%
	Oferta total	10414	15083	23755	49252		

Tabla IV.4: Aporte de energía renovable en sistema híbrido

ANEXO V**PLIEGO TARIFARIO MÁXIMO DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD**

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

[Regresar al Mapa...](#)**Empresa: Hidrandina**

Pliego	Vigencia	Sector	Interconexión
CASMA	4/Oct/2013	4	SEIN
MEDIA TENSIÓN			
			UNIDAD
			TARIFA Sin IGV
TARIFA MT2: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P			
Cargo Fijo Mensual			S./mes 13.73
Cargo por Energía Activa en Punta			ctm. S./kW.h 18.09
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta			ctm. S./kW.h 15.08
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP			S./kW-mes 35.40
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP			S./kW-mes 13.32
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP			S./kW-mes 12.81
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa			ctm. S./kVar.h 3.70
TARIFA MT3: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P			
Cargo Fijo Mensual			S./mes 12.50
Cargo por Energía Activa en Punta			ctm. S./kW.h 18.09
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta			ctm. S./kW.h 15.08
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 33.16
Presentes Fuera de Punta			S./kW-mes 21.39
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 13.67
Presentes Fuera de Punta			S./kW-mes 13.30
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa			ctm. S./kVar.h 3.70
TARIFA MT4: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P			
Cargo Fijo Mensual			S./mes 12.50
Cargo por Energía Activa			ctm. S./kW.h 15.88
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 33.16
Presentes Fuera de Punta			S./kW-mes 21.39
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 13.67
Presentes Fuera de Punta			S./kW-mes 13.30
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa			ctm. S./kVar.h 3.70
BAJA TENSIÓN			
			UNIDAD
			TARIFA Sin IGV
TARIFA BT2: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P			
Cargo Fijo Mensual			S./mes 13.73
Cargo por Energía Activa en Punta			ctm. S./kW.h 19.44
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta			ctm. S./kW.h 16.21
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP			S./kW-mes 33.55
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP			S./kW-mes 59.32
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP			S./kW-mes 45.40
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa			ctm. S./kVar.h 3.70
TARIFA BT3: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P			
Cargo Fijo Mensual			S./mes 12.50
Cargo por Energía Activa en Punta			ctm. S./kW.h 19.44
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta			ctm. S./kW.h 16.21
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 21.71
Presentes Fuera de Punta			S./kW-mes 23.28
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:			
Presentes en Punta			S./kW-mes 57.62

	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	57.70
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.70
TARIFA BT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	12.50
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	17.07
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	21.71
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	23.28
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	57.62
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	57.70
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.70
TARIFA BT5A:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E		
	a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	12.50
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	125.25
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	16.21
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./kW-mes	55.87
	b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	12.50
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	148.63
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	16.21
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./kW-mes	55.87
TARIFA BT5B:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.65
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	1.97
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	53.50
TARIFA BT5B	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.56
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	1.92
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	27.07
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.56
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	1.92
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	7.82
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	52.14
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.65
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	1.97
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	53.50
TARIFA BT5C:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público		
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.56
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	0.00
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	46.72
TARIFA BT6:	TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P		
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Mensual	S./mes	3.65
	Cargo Fijo Mensual-Lectura Semestral	S./mes	0.00
	Cargo por Potencia	ctm. S./W	16.31
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No residencial	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por códigos	S./mes	2.79
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por tarjetas	S./mes	2.49
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	52.64
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por códigos	S./mes	2.72
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por tarjetas	S./mes	2.43
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	25.66
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por códigos	S./mes	2.72
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga por tarjetas	S./mes	2.43
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	7.70
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	51.31
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		