

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN  
DE SUMINISTRO ELÉCTRICO A VALLAS PUBLICITARIAS Y DE  
SEÑALIZACIÓN NOCTURNA, MEDIANTE SISTEMAS DE  
GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL DISTRITO METROPOLITANO  
DE QUITO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**CHRISTIAN VÍCTOR SALAO REY**

**salao.cv@gmail.com**

**DIRECTOR: Ing. Luis Antonio Bayas Paredes**

**Quito, Marzo 2015**

## DECLARACIÓN

Yo Christian Víctor Salao Rey, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Christian Víctor Salao Rey

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Víctor Salao Rey, bajo mi supervisión.

---

Ing. Antonio Bayas Paredes

DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento a los maestros de la Escuela Politécnica Nacional, los que compartieron sus conocimientos y experiencias; permitido desenvolverse de manera eficiente y correcta en las actividades que he desarrollado y desarrollaré en mi vida profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres, tío y hermanos por sus palabras de motivación, apoyo constante, que contribuyeron en mi formación personal cultivando virtudes y disminuyendo defectos para lograr formarme como ser humano y profesional.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	1
PRESENTACIÓN.....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN, GENERALIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....</b>	<b>4</b>
1.1. INTRODUCCIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	4
1.1.1. ANTECEDENTES.....	4
1.1.2. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y EXPERIENCIA EN OTROS PAISES 10	
1.1.3. LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SU VINCULACIÓN CON OTRAS CIENCIAS.....	14
1.2. GENERALIDADES.....	16
1.2.1. DEFINICIONES.....	17
1.2.2. MODELOS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	21
1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	28
1.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.....	28
1.3.2. VENTAJAS.....	30
1.3.3. DESVENTAJAS.....	30
<b>2. DETERMINACIÓN, PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y ENERGÍA EN CONJUNTO DE VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNAS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.....</b>	<b>32</b>
2.1. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE LAS VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN.....	32
2.1.1. CARACTERÍSTICAS, TIPOS Y FUNCIONAMIENTO DE LAS VALLAS.....	32
2.1.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA ACTUAL.....	36
2.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO.....	38
2.2.1. SECTOR RESIDENCIAL.....	39
2.2.2. SECTOR COMERCIAL.....	40
2.3. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	41
2.3.1. CAMBIO DE MATRIZ PRODUCTIVA.....	41

2.3.2.	<i>ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DE LA GENERACIÓN</i> .....	43
2.4.	IMPLICACIÓN DEL PROYECTO EN LA DEMANDA ACTUAL .....	47
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS TÉCNICO Y BALANCE ENERGÉTICO, DE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA APLICABLES A NUESTRO MEDIO.</b> .....	<b>48</b>
3.1.	ANÁLISIS TÉCNICO DE POTENCIAL ENERGÉTICO .....	48
3.1.1.	<i>SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ENERGÍA</i> .....	48
3.1.2.	<i>RADIACIÓN SOLAR</i> .....	51
3.2.	ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	54
3.2.1.	<i>DESARROLLO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i> .....	54
3.2.2.	<i>TIPOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i> .....	55
3.2.3.	<i>COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO</i> .....	56
3.2.4.	<i>GENERADOR FOTOVOLTAICO</i> .....	57
3.2.5.	<i>ACONDICIONADOR DE POTENCIA</i> .....	62
3.2.6.	<i>ALMACENAMIENTO</i> .....	65
3.2.7.	<i>APLICACIONES</i> .....	68
3.2.8.	<i>CONTROL</i> .....	70
3.3.	BALANCE ENERGÉTICO .....	70
3.3.1.	<i>EFICIENCIA ENERGÉTICA</i> .....	71
3.3.2.	<i>IMPACTO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</i> .....	72
3.3.3.	<i>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i> .....	74
3.3.4.	<i>LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y EL MEDIO AMBIENTE</i> .....	75
3.3.5.	<i>NORMATIVAS</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>4.</b>	<b>DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA DISTRIBUIDA EN VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNA.</b> .....	<b>76</b>
4.1.	FUNCIONAMIENTO.....	76
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	77
4.3.	ESQUEMA Y DISEÑO DE CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	77
4.3.1.	<i>UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO</i> .....	77
4.3.2.	<i>DETERMINACIÓN DE CÁLCULOS</i> .....	78
4.3.3.	<i>ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO</i> .....	87
4.4.	DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO DEL PROYECTO.....	89
4.4.1.	<i>UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO</i> .....	90
4.4.2.	<i>FUNCIONAMIENTO</i> .....	92
4.4.3.	<i>DATOS DE PARTIDA</i> .....	94
4.4.4.	<i>DESARROLLO DE CÁLCULOS</i> .....	96
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS DIVERSAS FORMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA.</b>	

5.1.	CÁLCULO DE LA INVERSIÓN.....	109
5.1.1.	COMPRA E INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	110
5.1.2.	MANTENIMIENTO.....	116
5.2.	NORMATIVAS A CONSIDERAR.....	116
5.3.	VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	119
5.3.1.	CÁLCULO DEL VAN Y TIR.....	119
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>124</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>128</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>130</b>
	ANEXO A: CÁLCULO DE DEMANDA.....	131
	ANEXO B: REFLECTOR ACTUAL.....	133
	ANEXO C: MAPA DE LA CIUDAD.....	137
	ANEXO D: DATOS DE RADIACIÓN.....	138
	ANEXO E: SIMULACIÓN DEL PREDIMENSIONAMIENTO.....	142
	ANEXO F: REFLECTOR LED.....	145
	ANEXO G: PANELES SOLARES.....	146
	ANEXO H: INVERSOR-REGULADOR-CARGADOR.....	148
	ANEXO I: BATERÍAS.....	151
	ANEXO J: ESQUEMAS DE LOS DISEÑOS FOTOVOLTAICOS.....	152
	ANEXO K: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 1.....	155
	ANEXO L: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 2.....	158
	ANEXO M: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 3.....	161
	ANEXO N: SIMULACIONES.....	164
	ANEXO O: ANÁLISIS DE VALORES ANUALES.....	174

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO TRADICIONAL DEL SIGLO XIX Y XX .....	5
FIGURA 2: DATOS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNDIAL [1].....	8
FIGURA 3: PRESIÓN DEL CONSUMO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE [2].....	9
FIGURA 4: FACHADA DEL INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR DE ESPAÑA [3] .....	12
FIGURA 5: SEÑAL DE VOLTAJE CONTINUO .....	17
FIGURA 6: SEÑAL DE CORRIENTE ALTERNA.....	18
FIGURA 7: GENERACIÓN EÓLICA.....	22
FIGURA 8: GENERACIÓN DE LA BIOMASA.....	23
FIGURA 9: ESQUEMA DE CICLO COMBINADO .....	25
FIGURA 10: MODELO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.....	26
FIGURA 11: MODELO DE GENERACIÓN MEDIANTE COMBUSTIÓN INTERNA .....	26
FIGURA 12: MODELO DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA .....	27
FIGURA 13: ESQUEMA DE UNA CENTRAL MAREOMOTRIZ .....	27
FIGURA 14: VALLA ESTÁNDAR [5].....	34
FIGURA 15: VALLAS TUBULARES FRONTLIGHT, [5].....	34
FIGURA 16: VALLAS PUBLICITARIAS CON VARIACIONES PARA SU MOVIMIENTO.....	35
FIGURA 17: VALLA PALETA [5].....	35
FIGURA 18: TABLA DE CÁLCULO DE LA DEMANDA.....	37
FIGURA 19: CURVA DE DEMANDA DE LA POTENCIA DE LAS VALLAS PUBLICITARIAS TUBULARES .....	37
FIGURA 20: CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN EL AÑO 2013 [6] .....	38
FIGURA 21: CRECIMIENTO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL AÑO 2013 [6].....	38
FIGURA 22: BOSQUEJO DE CURVA DE DEMANDA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL.....	39
FIGURA 23: BOSQUEJO DE CURVA DE DEMANDA PARA EL SECTOR COMERCIAL.....	40
FIGURA 24: COMPOSICIÓN DE LA GENERACIÓN POR TIPO DE TECNOLOGÍA [7].....	43
FIGURA 25: ESTADÍSTICA DE LOS TRES ÚLTIMOS AÑOS DE TTIK Y FMIK DE LA EEQ. [6].....	44
FIGURA 26: COMPARATIVO DE MEDICIONES DE VOLTAJE. [6] .....	45
FIGURA 27: COMPARATIVO DE PERDIDAS DE LA EEQ.....	46
FIGURA 28: RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA TIERRA .....	51
FIGURA 29: ESQUEMA DE LOS TIPOS DE RADIACIÓN.....	52
FIGURA 30: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE HSP .....	54
FIGURA 31: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	57
FIGURA 32: CUADRO COMPARATIVO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.....	58
FIGURA 33: RED CRISTALINA DE SILICIO .....	59
FIGURA 34: MOVIMIENTO DE ELECTRONES EN EL PANEL FOTOVOLTAICO.....	60
FIGURA 35: CURVA VOLTAJE-CORRIENTE .....	60
FIGURA 36: VARIACIÓN DE VOLTAJE EN UNA BATERÍA CON REGULADOR DE CARGA.....	63
FIGURA 37: TABLA COMPARATIVA DE BATERÍAS .....	67

FIGURA 38: MAPA ELÉCTRICO DE VOLTAJES Y FRECUENCIAS NOMINALES.....	69
FIGURA 39: FOTOGRAFÍA DE MEDIDORES PARA MEDICIÓN BIDIRECCIONAL .....	70
FIGURA 40: CUADRO COMPARATIVO DE TECNOLOGÍA DE ILUMINACIÓN VS EL CONSUMO DE POTENCIA .....	71
FIGURA 41: CURVA PERDIDAS NO TÉCNICAS VS INSTALACIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA [9] .....	73
FIGURA 42: INVERSIONES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA [9] .....	74
FIGURA 43: VALORES DEL COEFICIENTE DE BATERÍAS [10].....	80
FIGURA 44: VALORES DE COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DEL INVERSOR [10].....	80
FIGURA 45: COEFICIENTE DE AUTO DESCARGA DIARIA [10].....	80
FIGURA 46: ÁNGULO DE INCLINACIÓN SOLAR .....	83
FIGURA 47: GRADUACIÓN DE INCLINACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.....	84
FIGURA 48: ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA .....	90
FIGURA 49: TABLA DE EQUIVALENCIA ESTIMADA ENTRE TECNOLOGÍA LED CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN .....	91
FIGURA 50: RADIACIÓN SOLAR GLOBAL [11] .....	94
FIGURA 51: IRRADIACIÓN MENSUAL EN QUITO [11] .....	95
FIGURA 52: PROMEDIO DE HORAS DE SOL Y LLUVIA EN QUITO [12].....	95
FIGURA 53: TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA EN QUITO [12] .....	96
FIGURA 54: DATOS INICIALES DEL PROYECTO .....	96
FIGURA 55: DATOS DE REFLECTOR SELECCIONADO, ANEXO F .....	97
FIGURA 56: DATOS DE INVERSOR-REGULADOR-CARGADOR SELECCIONADO, ANEXO H.....	97
FIGURA 57: DATOS DEL PANEL FOTOVOLTAICO SELECCIONADO, ANEXO G.....	97
FIGURA 58: DATOS DE LA BATERÍA SELECCIONADA, ANEXO I.....	97
FIGURA 59: ESQUEMA DEL DISEÑO DE LA CASO 1, ANEXO J.....	100
FIGURA 60: DATOS DE INVERSOR-REGULADOR-CARGADOR SELECCIONADO, ANEXO H.....	101
FIGURA 61: DATOS DEL PANEL FOTOVOLTAICO SELECCIONADO, ANEXO G.....	101
FIGURA 62: DATOS DE LA BATERÍA SELECCIONADA, ANEXO I.....	102
FIGURA 63: ESQUEMA DEL DISEÑO DE LA CASO 2,ANEXO J.....	104
FIGURA 64: DATOS DE LOS REFLECTORES HALÓGENOS ACTUALES, ANEXO B.....	105
FIGURA 65: DATOS DEL INVERSOR-REGULADOR-CARGADOR SELECCIONADO PARA LA ALTERNATIVA 3, ANEXO H.....	105
FIGURA 66: ESQUEMA DEL DISEÑO DEL CASO O ALTERNATIVA 3, ANEXO J.....	108
FIGURA 67: PORCENTAJE DE COSTOS TOTAL DE IMPORTACIÓN .....	110
FIGURA 68: COMPARATIVO PRECIO VS POTENCIA PICO .....	111
FIGURA 69: PRECIO POR VATIO GENERADO EN LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.....	112
FIGURA 70: PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA 1 POR PUNTO DE INSTALACIÓN, ANEXO K.....	113
FIGURA 71: PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA 2 POR PUNTO DE INSTALACIÓN,.....	114
FIGURA 72: PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA 3 POR PUNTO DE INSTALACIÓN, ANEXO M.....	116
FIGURA 73: GARANTÍA DE SUSCRIPCIÓN DE REGISTRO [8].....	117
FIGURA 74 : PLAZOS A SER CONSIDERADOS EN LOS REGISTROS Y TÍTULOS HABILITANTES [8] .....	118
FIGURA 75: PRECIO PREFERENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES EN (CUSD/KWH) [8].....	118

FIGURA 76: TABLA DE CÁLCULO DE VAN Y TIR PARA EL CASO 1 .....	119
FIGURA 77: TABLA DE CÁLCULO DEL VAN Y TIR PARA EL CASO 2 .....	121
FIGURA 78: TABLA COMPARATIVA DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	122
FIGURA 79: TABLA DE CÁLCULO DEL VAN Y TIR DEL CASO 3 .....	122

## RESUMEN

En el presente Proyecto de Titulación, se realiza un estudio técnico – económico para suministrar energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables no convencionales a pequeña escala, las cuales se desea ubicar en las vallas publicitarias y de señalización que se encuentran dentro de la zona de concesión de la Empresa Eléctrica Quito y del Distrito Metropolitano de Quito. Esta generación tiene como objetivos principales alimentar sus cargas internas (reflectores), y su excedente de generación de energía eléctrica inyectarlas a la Red de Distribución, lo que se denomina Generación Distribuida, siempre y cuando esto último si la topología de la red y los estudios de conexión son favorables.

En el capítulo 1, se investigará como nace y desarrolla la Generación Distribuida, considerando las razones por las que empieza a implementarse; el avance tecnológico y la aplicación de la Generación Distribuida relacionándola con otras ciencias y experiencias en países de mayor tecnología, se desarrollarán definiciones, descripción de funcionamiento, ventajas, desventajas y cambios que ha generado en los sistema de generación tradicional.

En el capítulo 2, se analizará el consumo de energía actual de las vallas publicitarias y señalización en el sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Se comentara la proyección de la demanda del sistema eléctrico ante los cambios planificados en el futuro del sistema eléctrico ecuatoriano.

En capítulo 3, se analizará y seleccionara la fuente de energía no convencional que presente mayor beneficio y facilidad de implementación para nuestros medios. De la fuente seleccionada se describirá de forma técnica su funcionamiento y elementos que lo conforman, también se realizará un análisis energético de las instalaciones internas o cargas de cada valla.

En el capítulo 4, se establecerá el proceso para realizar el diseño eléctrico, estableciendo los datos de partida y desarrollo para el diseño de la generación alternativa seleccionada, estableciendo sus elementos críticos; culminando con la propuesta del diseño eléctrico del proyecto.

En el capítulo 5, se calculará la inversión de capital requerida para la implementación del sistema de generación alternativa, considerando su rentabilidad económica que presenta este proyecto.

Capítulo 6, se detallarán las conclusiones y recomendaciones derivadas del proyecto.

## PRESENTACIÓN

El Distrito Metropolitano de Quito, es una de las ciudades con mayor actividad económica del país, ya que se encuentra poblada por casi 2 millones de personas, y 500 000 personas en migración permanente. Es una de las ciudades donde la mayor parte de los productos se encuentran a la venta en supermercados o centros comerciales, y estos productos deben ser expuestos en letreros, tableros o vallas publicitarias para que los potenciales clientes conozcan de sus beneficios, ventajas y lo adquieran.

La señalización nocturna en la urbe, también es primordial, no solo por el alto flujo vehicular, sino también por ser una ciudad muy turística, los letreros de información deben estar en constante funcionando.

Estas vallas publicitarias se encuentran conectadas al sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito, y su consumo de energía muchas veces es deficiente y exagerado al mantener encendido todos los circuitos de iluminación o mecanismos de movimiento las 24 horas del día. El consumo eléctrico de cada valla no es representativo de forma individual, sin embargo al agruparlas y analizarlas en conjunto, ya es representativo.

En el Distrito Metropolitano de Quito, la ubicación de este tipo de publicidad es abundante, y por lo tanto el consumo en conjunto es una cantidad considerable, que debe ser optimizada, no solo por el uso de la energía.

La implementación de un sistema de generación distribuida, es para ayudar a satisfacer la demanda de cargas pequeñas, y su excedente poder comercializarla por el sistema de distribución local, sin embargo esto no quiere decir que la valla se desconecte del sistema de distribución, ya que si hay algún desperfecto o falla en la micro generación (parámetros de calidad de energía o funcionamiento total), tendrá que consumir energía de la red eléctrica respectivamente, razón por la cual se debe plantear una idea de incorporar medidores especiales para su control.

Al ser un tipo de generación de energía no convencional, implica que el sistema debe ser regulado por el CONELEC en cuanto a concesiones.

La implementación y forma de funcionamiento de estos medios de generación, dependerá mucho del sitio y la ubicación donde se encuentre la valla, y sus alrededores.

Los mecanismos de consumo inmediato y almacenamiento de energía o su posible venta al mercado eléctrico, se lo analizará mediante un sistema demótico, el cual quedará a placer del dueño del espacio de la valla.

Se tendrá que evaluar el precio real de la energía, para lo cual se deberá plantear diferentes métodos, para determinar si la inversión es factible.

Se determinará las ventajas de este estudio en forma cualitativa con la conservación del Medio Ambiente y cuantitativa al recuperar la inversión.

# **1. INTRODUCCIÓN, GENERALIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

La Generación Distribuida, se la puede catalogar como una tendencia actual y complemento de la generación de electricidad a base de energías alternativas no convencionales, suministrando electricidad a los propietarios y sus alrededores de donde se encuentran instaladas dichas centrales de generación (solar y eólicas principalmente). Conjuntamente con el mensaje a los consumidores del uso adecuado de la energía eléctrica y conservación del medio ambiente. Por lo que es conveniente describir cómo nace y ha venido desarrollándose la idea de distribuir la electricidad de esta manera y sus efectos en el Sistema de Distribución Tradicional.

## **1.1.INTRODUCCIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

### **1.1.1. ANTECEDENTES**

La Energía Eléctrica, es difícil de manipular, controlar y encontrar en estado natural; resulta de un proceso de transformación, por lo que hay que generarla a base de otro tipo de energía y/o en base a un proceso y mecanismo de alguna materia prima o energía, a la que denominamos recurso o energía primaria.

De la misma manera la electricidad es la manera más versátil y común en la que se consume y transforma la energía permitiendo desarrollar las actividades cotidianas en la sociedad y su entorno.

La Generación Distribuida, a la que se denominará en adelante con las siglas GD, no es una aplicación reciente del área eléctrica, desde que se comenzó a generar electricidad para las zonas pobladas, estas fuentes de energía se encontraban muy cerca de las mismas.

Al aumentar los requerimientos de grandes cantidades de energía eléctrica para el consumo, es que se ve la necesidad de buscar recursos y mecanismos para generar electricidad, ajustándose a condiciones geográficas, económicas y sociales; pero estos recursos primarios se encuentran muy lejos de los lugares de consumo dando lugar al desarrollo de los Sistemas

de Transmisión de Energía, los cuales permiten transportar la energía producida en un sitio distante o remoto con gran potencial energético hacia las zonas pobladas; optimizando las grandes inversiones económicas iniciales y el aprovechamiento de recursos renovables (hídricos) y no renovables (gas natural, carbón mineral y derivados de petróleo) para la generación de electricidad.

Esto dio lugar a que el sistema eléctrico sea jerárquico, desarrollándose por las etapas de Generación, Transmisión, y Distribución de energía.



Figura 1: Esquema del Sistema Eléctrico Tradicional del siglo XIX y XX

Captado cualquier recurso con potencial energético, este es transformado en electricidad, la cual no tiene otro camino que pasar por cada etapa y llegar a ser consumida y transformada en otro tipo de energía por el cliente, involucrando que el recurso captado desde un inicio debe llegar a satisfacer la demanda que todos los clientes requieren y las pérdidas de energía que se producen en su traslado, centralizando la generación de electricidad en sitios alejados de los centros de consumo.

Este hecho a inicios del siglo pasado no era un problema, ya que se contaba con los recursos renovables y no renovables en exceso, los consumos de electricidad no eran altos por las limitaciones de maquinaria y tecnología de la época; y el enfoque a la conservación del medio ambiente no era considerado por ningún organismo o Estado.

En la actualidad la necesidad de mayor energía eléctrica es imprescindible, y no sólo en los países desarrollados como erróneamente se piensa, la exigencia de la electricidad es global, los factores que más sobresalen son los siguientes:

#### **1.1.1.1. Avance Tecnológico-Comercial**

El desarrollo tecnológico ha sido rápido y nos ha permitido conocer e interactuar con el resto del mundo, permitiendo mejorar nuestro estilo de vida y abrir nuestras mentes a mayor cantidad de información que la que podríamos imaginar. Sin embargo no ha tenido la precaución y direccionamiento adecuado al uso eficiente de la energía y conservación del medio ambiente, los aparatos que requieren de electricidad para su funcionamiento están enfocados a que cumplan una función u objetivo; sin importar el método o proceso; lo que ha producido que la cantidad de electricidad que consumen dichos equipos o dispositivos sea cada vez mayor, ya sea por el tamaño o nuevas características del producto.

De la misma manera la tendencia de los diferentes fabricantes de tecnología en abaratar sus costos de producción ha provocado que estos utilicen procesos y materiales de menor valor, sin percatarse que en el proceso de fabricación se produce una contaminación totalmente alarmante, destruyendo la naturaleza ya sea con residuos o gases de efecto invernadero en las zonas donde están ubicadas sus fábricas. Y de igual manera al utilizar materiales de baja o mala calidad, su producto no tiene una vida útil amplia y al poco tiempo este sufre averías y tiene que ser remplazado por otro dispositivo nuevo, lo que provoca que la denominada “basura electrónica” aumente considerablemente.

El cambio o innovación de la tecnología y tácticas de mercadeo hacen que los dispositivos vayan agregando nuevos recursos, aplicaciones o accesorios quedando la anterior versión del mismo producto. Contra restando lo que al inicio se pensaba que el avance tecnológico permitiría un mejor estándar de vida, ha provocado que cada persona tenga la necesidad de cambiar o comprar máquinas y dispositivos cada vez en intervalos más cortos de tiempo, para poder desarrollar, competir y unirse a la sociedad moderna.

#### **1.1.1.2. Consumo de Recursos Energéticos**

La electricidad es una energía que se deriva de otra, hasta la época de los 70's la generación eléctrica estaba basada en recursos no renovables (gas natural, petróleo y sus derivados); y renovables (hidroeléctricas).

La inversión económica, tiempo y facilidades de construcción entre una central hidroeléctrica y una térmica, siempre ha sido favorable a esta última, necesitando de un combustible que en su mayoría son recursos no renovables.

El estilo de vida que se lleva hoy en día, es bastante exigente y se busca la mayor comodidad y satisfacción de nuestras necesidades personales y sociales.

La compra de aparatos eléctricos, en su mayoría electrodomésticos es bastante amplia, y las estrategias de mercado ha permitido que cada persona tenga la necesidad de comprar dichos aparatos, aunque este electrodoméstico se encuentre funcionando adecuadamente y cumpliendo el fin para el que fue diseñado, no quiere decir que sea eficiente en el uso de su energía, y de hecho hasta años atrás no se pensaba que el electrodoméstico sea eficiente sino que la primera característica solicitada eran las dimensiones físicas. Esto produjo que la demanda eléctrica sea cada vez mayor en los centros de consumo de energía (ciudades, poblados, comunidades, etc.).

El uso de aire acondicionado y calefacción de igual manera requiere en su mayoría de electricidad y gas natural respectivamente, lo cual demanda que los recursos energéticos no sean destinados únicamente para la productividad y necesidades básicas, sino también destinado en los hogares para el confort, principalmente europeos, aumentando el consumo de los mismos.

La adquisición y uso del auto, ha pasado de ser un lujo a una necesidad para poder transportándose de un sitio a otro de forma rápida y cómoda, por lo cual el consumo de hidrocarburos (derivados de petróleo) a aumentando considerablemente. Convirtiendo al petróleo en un recurso cotizado, sufriendo muchas veces crisis por sus altos precios y por la falta de explotación.

El cambio climático ha sido una afectación global, los cambios de climas, variaciones de temperaturas y disminución de precipitaciones en las zonas del planeta ha modificado la reserva de agua en los embalses de las centrales de generación hidroeléctrica.

El conjunto de las situaciones antes descritas ha determinado que ya no se pueda contar con los recursos energéticos o fuentes tradicionales a nuestra disposición para la generación de electricidad, sino que dependa de otros factores; limitando la capacidad de satisfacer la demanda de electricidad que nuestro entorno requiere.

### 1.1.1.3. Aumento de la Población

La población es el principal consumidor de la energía eléctrica, ya que el uso es frecuente y cotidiano en todas las actividades que desarrolla.

El uso de la electricidad en la población es tan importante, que al suceder un falla en el sistema eléctrico y por consiguiente la ausencia de electricidad, las actividades productivas, económicas y sociales se ven paralizadas parcial, totalmente y en algunas ocasiones desarrollando un caos y dan lugar a un estado de inseguridad y vulnerabilidad de las personas.

La población se ha incrementado de forma muy amplia y rápidamente, esto debido a factores como la tasa de natalidad y expectativa de vida que se han incrementado, esto por el desarrollo de otras ciencias y técnicas en varias áreas como la medicina, alimentación, sanidad, economía, transporte, comunicación, etc. y como por consecuencia las necesidades del consumo de electricidad han aumentado.

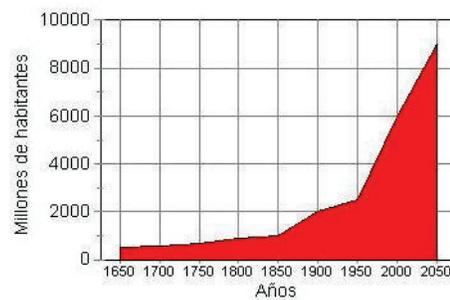


Figura 2: Datos de Crecimiento y Proyección de la Población Mundial [1]

Basándose en la Figura 2, se visualiza que la población mundial en alrededor de 60 años casi se ha triplicado, y la tendencia es que vaya en aumento muy rápidamente; y por consiguiente el consumo de los recursos como los alimentos, agua, tecnología y energía es cada vez mayor, dando lugar a que estos sean consumidos rápidamente, sin el tiempo y espacio necesario para su recuperación. La coincidencia simultánea del avance tecnológico, aumento de población y consumo altos de recursos energéticos, ha llevado a que a un deterioro del medio ambiente, lo que ha ocasionado que el ecosistema entre en desequilibrio afectando a los mismos que lo habitan. En estudio de varias universidades ha conjugado estos tres

factores y lo han relacionado con el impacto que provocan en el medio ambiente en el siguiente cuadro.

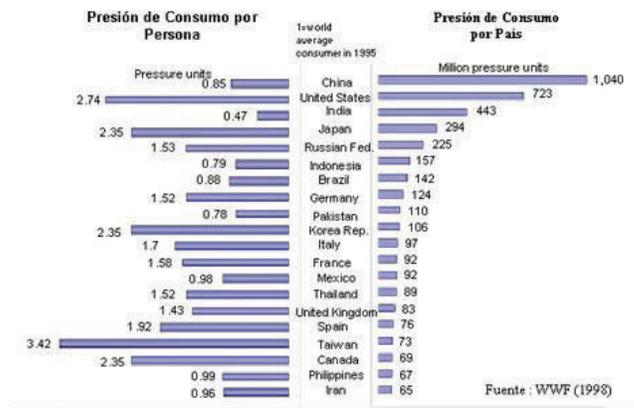


Figura 3: Presión del Consumo Sobre el Medio Ambiente [2]

Esto dio lugar a que los líderes de países desarrollados, en vía de desarrollo y con gran población. Crean organizaciones, grupos, vínculos y políticas a nivel internacional y local tratando de frenar la contaminación ambiental, entre los acuerdos realizados el que mayor relevancia tiene es el tratado de Kioto; y de la misma manera impulsando el desarrollo a nuevas tecnologías denominadas “verdes” con la finalidad de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de recursos no renovables como el petróleo, y reemplazando esta energía contaminante con otra que no emita CO<sub>2</sub>, como la electricidad, que es más amigables con la naturaleza.

Al ser la electricidad la principal fuente de productividad y consumo del planeta, se dio paso a investigaciones e incentivos de buscar la manera de generar electricidad a partir de recursos que se encuentren en abundancia y que la transformación de la misma no genere un impacto negativo al ambiente, Enfocándose en buscar nuevas fuentes como el viento, el sol, el agua, vegetación, etc. que se encuentren en abundancia en las distintas zonas y convertirlas en el principal recurso para generar la electricidad, a las que se denominaron generación verde, generación limpia o uso de energías renovables. Estas fuentes, son elementos que se encuentran en todos los rincones del planeta y su acceso es casi total.

La conciencia que se tomó sobre el cambio climático fue tal, que las iniciativas de cómo generar electricidad no se limitó a instituciones públicas y empresas privadas, traspasó a realizárselo de forma individual, por cada miembro de la comunidad, lo que dio paso a que

el uso de las energías alternativas y el uso eficiente de la electricidad sea prioridad en cada familia e individuo del planeta. Esto dio apertura a que algunas comunidades o personas con los recursos necesarios, traten de generar su propio suministro de electricidad asegurándose que sea generada sin causar ningún efecto secundario o colateral al medio ambiente.

Lo que determinó que la fuente de generación eléctrica este localizada muy cerca de los puntos de consumo, se retome a sus inicios; y por consiguiente estas pequeñas fuentes de energía se encuentren distribuidas por varios puntos o sectores del Sistema Eléctrico de Distribución (SED).

### **1.1.2. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y EXPERIENCIA EN OTROS PAISES**

El desarrollo de la GD, es una aplicación tecnológica que involucra varias ciencias, técnicas y recursos; como era de suponerse, se comenzó a desarrollar en los países con recursos económicos y tecnológicos; en sus respectivos institutos y universidades principalmente de Estados Unidos y Europa considerando como objetivos principales el uso eficiente de la energía, búsqueda de nuevos recursos energéticos y formas de transformarlos en electricidad.

#### **1.1.2.1. Consumo Eficiente de la Electricidad.**

El consumo eficientemente de la electricidad o cualquier otra energía, no es más que disminuir la cantidad de energía que consumimos realizando las mismas tareas, funciones, manufactura, procesos o confort sin disminuir la productividad, cantidad y calidad del producto final.

Este fue un aspecto muy importante sobretodo en el campo industrial, ya que ellos son los que mayor cantidad de energía consumen, por lo que se tomaron acciones para que todo su equipo y procesos tenga la mayor eficiencia principalmente en los sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado, en algunos casos se cambió la manera o modificaron pasos de fabricar el bien o servicio, en otras vieron la posibilidad de crear nuevos productos dentro de la línea de fabricación. Organismos del consumidor consolidaron acuerdos para los productos en su mayoría electrodomésticos sean calificados y comercializados considerando su eficiencia energética.

Se realizaron campañas de socialización para que la población tome conciencia del valor ambiental; el uso eficiente electricidad y que los usuarios utilicen equipos eléctricos eficientes mediante campañas, programas o proyectos.

Esto con el objetivo de que el consumo eléctrico en el sistema de distribución disminuya, y la tendencia de crecimiento de la demanda se detenga o en caso de haber déficit de electricidad, esta brecha sea menor.

#### **1.1.2.2. Búsqueda de Recursos**

La búsqueda de nuevos recursos energéticos o maneras para la generación de electricidad, es un punto que se solventa a mediano y largo plazo. En vista que tiene que ir de la mano con el desarrollo de la tecnología, buscando que esta sea lo más eficiente y económica para la implantación.

La determinación de que un proyecto de generación alternativa; sea factible depende del tiempo que se va a poder tener el recurso energético y como lo podemos direccionar hacia la generación de electricidad, considerado este punto el más problemático, ya que para la proyección se debe recolectar datos como velocidad de viento, radiación solar, precipitaciones, humedad, temperatura ambiente los registros deben tenerse por extensos periodos anteriores, ya que no pueden ser características en intervalos de días o meses, dando la posibilidad de fenómenos o eventos con aleatoriedad total, es decir fenómenos o mediciones que se registran una sola vez, se repiten cada cierto periodo de tiempo, o en el mejor de los casos son fenómenos constantes.

También existen recursos energéticos que son residuos de otros procesos y que si son enfocados adecuadamente, pueden ser convertidos en electricidad. El caso más común es el vapor de agua y gases combustibles, los cuales en vez de escapar a la atmósfera pueden ser aprovechados, direccionándolos a turbinas de vapor y turbinas de gas respectivamente, lo cual permitió sobre todos a las fábricas ubicadas en sectores residenciales o muy cercanos a sectores residenciales compensar con algo su presencia en la zona. Otra manera de aprovechar este tipo de residuos, son los sistemas de ciclo combinado, los cuales aumenta significativamente el rendimiento de los recursos en las fábricas. Aunque estos recursos son aprovechados al máximo, no son totalmente limpios ya que después de su uso salen compuestos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera; afectando al medio ambiente, sin embargo su rendimiento

fue multiplicado y aprovechado al máximo. Como punto de observación, hay que considerar que la inversión de instalación es medianamente baja y requiere de mantenimiento constante.

También existen recursos que son totalmente libre de emisiones de CO<sub>2</sub>; como la energía solar y la energía eólica; que requieren de estudios previos y altos costos de inversión.

Lo que se busca es que estos recursos estén lo más cercanos a los centros de consumo, y que la potencia generada sea inyectada a la red de distribución para el consumo directo, evitando nuevamente la centralización de la generación eléctrica y la construcción de líneas de transmisión lo cual involucra inversiones económicas elevadas.

### 1.1.2.3. Desarrollo de la Generación Distribuida en España

En España durante el año 1994, el Instituto de Energía Solar ubicado en la Ciudad Universitaria de Madrid, fue el primer edificio institucional del país en generar su propia electricidad, siendo un caso práctico y total, en el cual fue instalado un sistema de paneles fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica aprovechando sus instalaciones, los paneles fueron ubicados en tres bloques (terraza, fachada y torre del edificio), y con un criterio energético, funcional y estético. La potencia nominal de la generación es 14,11 kW con 167 módulos repartidos en un área aproximada de 115 metros cuadrados.



Figura 4: Fachada del Instituto de Energía Solar de España [3]

En lo que cabe a generación distribuida en España, tiene una gran variedad de generación como biomasa, tratamiento de residuos, solar, hidráulica, eólica y cogeneración; en 1994 con una potencia instalada de 1,04 MW pasó a 17,15 MW el en 2004.

La nación española tiene un gran potencial eólico principalmente, por sus características geográficas, lo cual ha sido muy bien aprovechado. Al finalizar el año 2008, la nación

española tenía instalada una capacidad de 16 MW, en parques eólicos cubriendo una demanda del 11% de su sistema.

Su record de generación eólica fue en abril del 2012, con una generación de 14,8 MW respecto a los 24,3 MW demandados por la red eléctrica de España, lo que supero a la potencia instalada en sus centrales nucleares.

#### **1.1.2.4. Desarrollo de la Generación Distribuida en Alemania**

En la década de los 90's se desarrolló el programa denominado "1000 Dacher", que traducido al español significa "1000 Tejados"; proyecto gubernamental, que suministraba totalmente de electricidad a sus instalaciones con generación fotovoltaica, con lo cual se instaló panel solares en los edificios del gobierno participando un total de 2550 edificios con una generación de 6 MW.

Este proyecto fue el eje fundamental y con el que inicia una transformación integral de la generación de energía eléctrica en ese país, con el desarrollo y apoyo de políticas, leyes y financiamientos económicos; la generación distribuida se implementó plenamente. Como proyecto símbolo construyó un parque fotovoltaico de 70 MW; en un área de 150 hectáreas, que es alrededor de 220 canchas de fútbol.

En el año 2011, fue el primer país europeo que llegó a la instalación de un millón de micros centrales de generación fotovoltaica con su respectiva conexión al sistema de distribución eléctrica pública, con una capacidad de generación instalada de 22 GW, que representó el 3% de la demanda eléctrica de Alemania en ese año. En Mayo del 2012, en el transcurso del medio día las plantas fotovoltaicas instaladas en ese país, se generan 22000 MWh lo que es equivalente a la generación a sus 20 centrales nucleares a máxima capacidad, y fue considerado un record total de generación distribuida.

El desarrollo de la generación mediante recursos renovables no solo fue explotado en el ámbito solar, pero fue la que más se desarrolló y aplico, convirtiéndose en el pionero de la generación y comercialización de energía fotovoltaica, la que permitió que la tecnología abarate costo y precios de producción.

Alemania genera electricidad aprovechando otros recursos como la corriente de ríos, eólica, gases de vertederos, gases de aguas residuales y biomasa; los cuales son generados muy cerca de los centros de carga, su introducción y consumo es inmediato. Con la perspectiva

que para el año 2020 el suministro de electricidad en base a las energías alternativas llega al 20% de la demanda total.

### **1.1.3. LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SU VINCULACIÓN CON OTRAS CIENCIAS**

La GD es el resultado de la agrupación de conceptos, criterios y aplicaciones simultáneas de varias ciencias. Por lo que se ha visto prudente definir las brevemente y especificar las acciones, conceptos y aplicación que permitieron y permitirán la instalación, desarrollo de la DG en las diferentes naciones:

#### **1.1.3.1. Química y Física**

Los descubrimientos de estructuras moleculares, atómicas y comportamiento; como las aplicaciones en la creación de materiales totalmente eficientes y que no producen contaminación alguna, han sido el principal aporte y empuje para la generación y uso eficiente de la electricidad, siendo está creada, transformada y consumida sustentablemente en el medio ambiente, frenando la contaminación y destrucción del planeta.

#### **1.1.3.2. Estadística y Probabilidad**

Estas ciencias utilizan métodos científicos y procedimientos matemáticos con la finalidad de recoger, organizar, resumir, y analizar un determinado conjunto de datos, parámetros o fenómenos; tomados de la realidad o de un medio en el que nos desenvolvemos, con el fin de determinar conclusiones y proyecciones de que se repita el evento en forma razonable, con el objetivo de estar prevenidos o sacar provecho del evento en la naturaleza.

El saber adquirir y procesar los datos para determinar una perspectiva de que las condiciones iniciales sean continuas y permanezcan de la misma manera durante todo el periodo de la vida útil de los proyecto de generación alternativa o GD es muy importante para que la inversión pueda recuperarse y generar utilidades. Entre los principales recursos que se trata de aprovechar son el agua, viento, sol y corrientes marinas. Los datos más analizados para determinar las posibilidades que sean fuentes para la generación de energía eléctrica son: número de precipitaciones, caudal, velocidad del agua, periodos de sequía, congelamiento

del agua, velocidad del viento, fuerza del viento, turbulencias, corriente de aire, cambios de temporada, dirección del viento, turbulencia permanentes, condiciones extremas, radiación solar, temperatura ambiente, humedad, tiempo de luz natural, eventos inusuales, migración animal, cambio periodo climático, efectos sombras, fuerza de la marea, etc. Todos estos parámetros deben ser analizados cualitativamente y cuantitativamente para determinar si son aptos para generar electricidad.

#### **1.1.3.3. Climatología**

La climatología, es un conjunto de fenómenos meteorológicos pero a diferencia de la meteorología, esta analiza un fenómeno en tiempo cronológico, con la finalidad de previsiones a largo plazo y no de forma inmediata.

Esta ciencia recolecta información tomando aspectos como temperatura, presión atmosférica, viento, humedad, precipitaciones, radiación solar, etc. Todos estos parámetros tienen que ser registrados constantemente y sirve de base para determinar las variaciones que han sufrido el clima y el comportamiento en un tiempo futuro.

Esta ciencia permite conocer los datos; con los cuales se comienza el análisis respectivo ante una propuesta o posibilidad de generación eléctrica con recursos como el sol, viento, etc.

#### **1.1.3.4. Electrónica**

Estudia el flujo de electrones y energía producidas por los mismos a la que se le denomina señal, es transmitida por medio de materiales conductores, semiconductores o en el vacío; esta señal sirve para el control, procesamiento y aplicación eficiente de la información.

Esta ciencia ha tenido mucho desarrollo en los últimos años, ya que todo lo aparato eléctrico que nos rodea tiene algún dispositivo electrónico para controlar el funcionamiento del mismo, y su aplicación con la generación distribuida es importante cuando el sistema de generación eléctrica se encuentra en operación, ya que permite el control y la manera de entregar la energía a la red de distribución pública.

### **1.1.3.5. Economía y Política**

A la Economía se la podría definir como la ciencia de extraer, producir, intercambiar, distribuir y consumo de los elementos o recursos limitados que nos rodea convirtiéndolos en bienes y servicios, satisfaciendo las necesidades humanas permitiéndonos sobrevivir, prosperar y funcionar dentro de la sociedad a la que pertenecemos.

Por otro lado la Política es la manera de expresar una ideología a otros miembros de la sociedad, las ideas, forma de pensar y actuar, utilizando técnicas y modelos para desarrollar y organizar los conocimientos y las prácticas de los mismos, para llegar a consensos y unir esfuerzos con la determinación de alcanzar un objetivo común y resolver conflictos individuales o con otras agrupaciones

Estas dos ciencias son las que han permitido el desarrollo como la instalación práctica y real de los sistemas de generación distribuidas, en el mundo.

Primero poniendo énfasis que el cambio climático es un problema que lo creen buena parte del mundo, y las consecuencias serán para todos. Por lo que se propuso acciones para detener la contaminación y unir recursos para permitir el desarrollo de nuevas tecnologías totalmente amigables con el ambiente.

La iniciativa de nuevos procesos para generar electricidad fue tal, que a nivel mundial dieron incentivos económicos muy buenos, eso permitió que la tecnología salga al mercado y de la misma manera que los costos de producción e instalación sean competitivos.

Entre las medidas que se ejecutaron fueron: apoyo económico para la investigación de paneles solares, aerogenerador, nanotecnología, mecanismos de eficiencia de energía, etc.

De la misma manera se dio facilidades y beneficios como la exoneración de aranceles a equipos y precios preferenciales a inversionistas en el mercado eléctrico.

## **1.2.GENERALIDADES**

Para un mejor desarrollo y entendimiento del presente trabajo, se ha visto conveniente definir algunos términos y modelos que van a ser mencionados en transcurso del documento, y que no serán profundizados.

## 1.2.1. DEFINICIONES

### 1.2.1.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica o electricidad, se lo puede definir en un aspecto físico y comercial.

En la Física, la electricidad se manifiesta como corriente eléctrica, y es el resultado del movimiento de partículas subatómicas de carga negativa, electrones, los cuales se desplazan a través de conductores (los cuales de acuerdo a sus componentes y fabricación permite que la electricidad se desplace fácilmente o con dificultad). Este desplazamiento es consecuencia de la diferencia de potencia que un generador esté aplicando en sus extremos o polos.

Desde el punto de vista Comercial, la electricidad es un producto, generado a partir de otra energía o recurso, el cual luego de pasar por un proceso para que sea manipulable, es transportado y vendido a los centros de consumo. Siendo la electricidad un elemento indispensable de consumo cotidiano dentro de la sociedad para desarrollar actividades productivas, de confort y generación de otros bienes y servicios.

La corriente eléctrica puede ser generada y consumida de dos maneras:

#### 1.2.1.1.1. Corriente Continua

Se denomina corriente continua, a la energía eléctrica que tiene un flujo continuo y en una sola dirección (de polo positivo a polo negativo) de las cargas eléctricas. Puede disminuir su intensidad o amplitud conforme se va consumiendo en la carga, pero nunca su polaridad. La señal de corriente continua y voltaje continuo se los representa como las iniciales DC y tienen la misma forma de onda:



Figura 5: Señal de Voltaje Continuo

Aunque se dejó de ser utilizado por sus altas pérdidas en la transmisión, tiene una infinidad de aplicaciones en dispositivos de pequeño voltaje, sistemas de control y en las que se usan

baterías. Su principal características es que puede ser almacenada, y los valores nominales de voltaje son 12 V y 24 V.

#### 1.2.1.1.2. Corriente Alterna

Esta corriente es la que se genera en las centrales eléctricas, y es producida por alternadores, a diferencia de la anterior, la magnitud de la señal de corriente o voltaje sufre variaciones en el tiempo, además cambia de sentido la dirección de la energía en un determinado intervalo a lo que se denomina frecuencia, y su señal es cíclica o se repite cada determinado intervalo de tiempo.

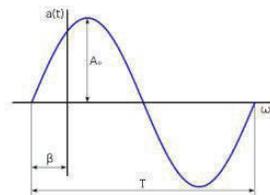


Figura 6: Señal de Corriente Alterna

Este tipo de corriente es la que domina el mercado, en el proceso de transmitirla de un lugar a otro es la que menores pérdidas presenta, y por consiguiente a la que más estamos acostumbrados en nuestros hogares y oficinas la toma de energía es un interruptor de corriente alterna, eso quiere decir que al momento que conectamos la carga, la energía debe ser consumida y por lo tanto no puede ser almacenada.

#### 1.2.1.2. Demanda Eléctrica

La demanda eléctrica se la define como la cantidad de electricidad que es solicitada por los consumidores o clientes finales en un tiempo instantáneo o en intervalos de tiempo.

La demanda eléctrica tiene variaciones en sus valores disminuyendo o aumentando según se presenten las horas del día, semanas o meses. Esta aleatoriedad se da por las actividades que estén desarrollan los consumidores, está estrechamente y proporcionalmente ligado con las actividades de la población. (El cálculo de la demanda se encuentra descrito en el anexo A)

### **1.2.1.3. Generador**

Es aquella máquina, dispositivo o sistema destinado a transformar una fuente o recurso primario de energía en electricidad. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético que mantienen una diferencia de potencia entre dos de sus polos.

Hay que considerar en el aspecto funcional, que el generador solo transforma la energía. Por lo cual se debe buscar mecanismos de recolección de la energía primaria para que sea transformada en electricidad, la cantidad de electricidad resultante es proporcional a la cantidad de energía primaria y se trata que sean lo más eficientemente posible.

La inversión de instalación y mantenimiento, es proporcional ya que mientras mayor sea la cantidad de energía a ser transformada se requiere mayor inversión, ya sea porque se necesita un generador de gran capacidad o varias unidades de generación de menor capacidad, o por la construcción de líneas de transmisión para que el producto sea transportado a los centros de consumo.

Los niveles de voltaje a los que se genera la electricidad son diferentes a los que se transportan, esto se debe al factor de pérdidas de energía en los conductores.

### **1.2.1.4. Sistema Eléctrico de Distribución (SED)**

El sistema de distribución es una parte del Sistema Eléctrico o Mercado Eléctrico, y se podría decir que es la última etapa del mismo.

Luego de la etapa de generación, la energía es transportada a los centros de consumo recorriendo grandes distancias hasta las denominadas sub-estaciones de distribución, que es donde él se inicia y finaliza en los contadores o registradores de energía de cada cliente regularizado, sus objetivos es distribuir, pronosticar, registrar y cobrar del consumo de la electricidad a todos los usuarios.

Para poder alcanzar este objetivo, tiene equipos (transformadores, corte y seccionamiento, protecciones) y alimentadores (rutas o caminos de conductores) los cuales permiten que la energía esté disponible cuando el usuario lo desee.

La electricidad es considerada como un producto y por lo tanto requiere que cumpla condiciones de calidad (nivel de voltaje, frecuencia, contenido armónico, etc.) y cantidad (continuidad de servicio, número de horas sin energía, numero de fallas, etc.) los cuales están

descritos en una normativa o ley, estos parámetros deben ser cumplidos y respetados tanto por la Empresa de Distribución como por el usuario.

Los sistemas de distribución, mantienen un equilibrio fundamental entre la producción y el consumo de la electricidad, ya que si se desequilibra estos dos factores, producen efectos negativos al sistema como: apagones por la aceleración de los generadores o pérdida de sincronismo en los generadores.

#### **1.2.1.5. Energías Alternativas**

Se denomina como fuente de energías alternativas, a las energías que salen de lo cotidiano (combustibles, carbón y gas) que pueden ser dirigidas, recolectas y utilizadas en la generación de electricidad, sean estas de manera natural o sean residuos de un proceso anterior (generalmente procesos industriales).

Muchas veces el concepto de energías alternativas, es mal interpretado con el de energías renovables, ya que se busca que no exista un impacto ambiental mediante emisiones de CO<sub>2</sub>; por lo que agregan una característica adicional; que no implica la combustión de carbón, gas, petróleo o sus derivados (que son los usados tradicionalmente para la generación de electricidad). Por lo que se dice que las energías renovables están dentro de las energías alternativas, al igual que la hidroeléctrica y la energía nuclear.

#### **1.2.1.6. Energía Renovable.**

Es la energía limitada que tiene la capacidad de renovarse o regenerarse en un tiempo y espacio determinado, luego de ser utilizada para algún fin, en nuestro caso la generación de electricidad.

Muchas de estas energías se encuentran en la naturaleza con facilidad, y el hecho que sea renovable no quiere decir que sea ilimitada; y si existe un abuso sin considerar su regeneración pueden agotarse.

### **1.2.1.7. Energías No Renovables.**

Son aquellas fuentes de energía que se encuentran en nuestro planeta en cantidades fijas (muchas resultado de procesos de millones de años), encontrarlos es un proceso delicado y por su cantidad limitada sufre constantes variaciones de precio en el mercado, como ejemplo tenemos el petrolero, el carbón y gas natural.

### **1.2.1.8. Generación Distribuida (GD)**

La Generación Distribuida se la podría definir como una forma de generar electricidad, con nuevas concepciones de transmisión y distribución de la energía eléctrica de tal manera que este generador o generadores se encuentren lo más cerca o dentro de los centros de consumo, conectándose directamente al sistema de distribución para un consumo inmediato o programado, minimizando las pérdidas debidas al transporte, incrementando la eficiencia, aumentando la confiabilidad, optimizando los recursos y disminuyendo la contaminación ambiental.

Esta generación toma como recursos o energías renovables (mini hidráulicas, aerogeneradores, biomasa, geotérmica, mareo motriz, fotovoltaica y energías por fenómenos de inducción electromagnética o efecto corona); y energías convencionales o no renovables (máquinas de combustión interna, micro turbinas).

## **1.2.2. MODELOS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD**

En la presente sección, se definirá brevemente los modelos más utilizados para generar electricidad.

### **1.2.2.1. Generación Eólica**

La energía eólica, es la obtenida a partir del movimiento del aire, específicamente de su velocidad y dirección. Este fenómeno se produce por la influencia del sol, que al calentar de manera no uniforme la superficie de la corteza terrestre, el cual produce masas de aire en zonas de alta presión que se desplazan hacia las zonas de baja presión, produciendo corrientes de aire o vientos, siendo un recurso renovable, limpio y abundante.

Esta corriente de aire es una fuente de energía cinética, la cual es aprovechada por sistemas de paletas, hélice, turbinas o los denominados aerogeneradores, lo transforman en energía mecánica y luego en electricidad. Este método de generación está compuesto por: generador eléctrico o aerogenerador, sistema de control y la conexión a la carga o red de distribución eléctrica.



Figura 7: Generación Eólica

El viento es un recurso que se mide o caracteriza a escala anual, por lo cual para tener una referencia de las condiciones y características del viento en una determinada zona se debe tener un registro de 20 años por lo menos.

Las características o parámetros analizados en la fuente eólica son: las variaciones del viento diurno y nocturno, velocidades máximas, mínimas y promedio del viento, altura de las corrientes del viento sobre la superficie terrestre, ráfagas de viento, etc.

Las velocidades de operación se encuentran entre los 8 m/s hasta los 25 m/s, esta energía es estable y predecible de mejor manera en zonas cercanas al mar, incluso su impacto visual es menor en estas regiones.

#### **1.2.2.2. Generación por Biomasa**

Esta generación tiene como principal fuente los recursos orgánicos, es decir los que provienen de los seres vivos (hombres, animales y plantas), es modificado mediante procesos químicos y puede ser utilizado de diversas formas como energía térmica, biogás y combustibles.

Esta generación no es nueva, de hecho era muy importante hasta inicios de la revolución industrial, luego del cual su uso fue disminuyendo hasta ser reemplazados totalmente por el uso del petróleo y sus derivados.

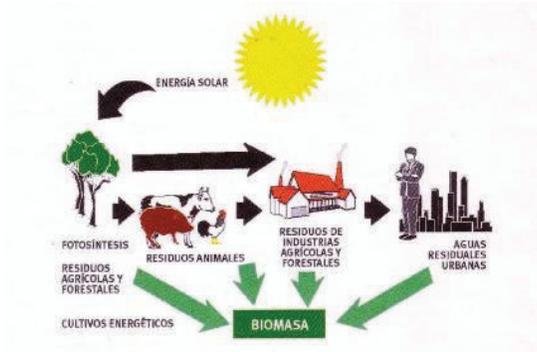


Figura 8: Generación de la Biomasa

El planeta Tierra tiene un gran potencial de energía biomasa, sin embargo su uso es polémico, para cubrir la demanda se tendría que explotar y direccionarlos a gran escala los recursos forestales en la generación de electricidad, descuidando el recurso destinado a la alimentación de la población, agotándolo casi en su totalidad el ecosistema lo que produciría efectos negativos al medio ambiente ya que requiere de un tiempo para se regenere el recurso.

El recurso de biomasa de la podría clasificar considerando su origen en tres tipos de fuentes de energía:

#### 1.2.2.2.1. *Biomasa Natural*

Este tipo de biomasa, se produce totalmente de forma natural y sin la intervención del ser humano.

#### 1.2.2.2.2. *Biomasa Residual*

Ésta en cambio es totalmente producida por las actividades del hombre, y categorizada como residuo para él, sin embargo tiene un gran potencial de energía y en vez de que vaya destinada a una contaminación directa al medio ambiente, se la trata de aprovechar de alguna manera. Sin embargo luego de ser explotada emite cierto grado de contaminación.

#### 1.2.2.2.3. *Biomasa Producida*

Este recurso es cultivado, cuidado y cosechado para el uso específico en actividades energéticas.

Para la transformación de la biomasa en otro tipo de energía, su fuente principal es la humedad que tiene la materia orgánica, por lo cual los métodos de transformación se los ha clasificado en dos:

#### 1.2.2.2.4. *Métodos Termoquímicos*

Estos métodos utiliza la materia orgánica que presenta menor característica de humedad como madera y paja, se procede con:

La Combustión, que quema la materia orgánica con mucho aire a una temperatura de los 600°C y 1300°C.

La Pirolisis, que descompone la materia orgánica con un calor de alrededor de 5000°C y sin oxígeno con la finalidad de obtener gas formado por hidrógeno.

La Gasificación, la que busca obtener el metano sometiendo al compuesto orgánico a temperaturas entre el 700°C y 1500°C con la combinación de oxígeno entre el 10% y 50%.

Co-combustión, que es combustión de material orgánico y recursos no renovables como el carbón y materia orgánica, lo cual reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### 1.2.2.2.5. *Métodos Bioquímicos*

Utilizan la materia orgánica que tiene altas cantidades de humedad, la preparan para su transformación mediante procesos de degradación de las moléculas con microorganismo, entre los métodos más comunes son los siguientes:

Fermentación Alcohólica, este procesos se enfoca en las plantas, mediante procesos de fermentación de hidratos de carbono se consigue etanol, es cual es un recursos energético utilizado en aplicaciones industriales.

Fermentación Metánica, es la digestión anaeróbica de la materia orgánica, es decir sin oxígeno, del cual se descomponen o generan biogases los cuales son consumidos para la generación de energía.

Dentro de la energía proveniente de la biomasa, el tema más relevante es el uso para la generación de biocombustibles, siendo una energía alternativa de los combustibles tradicionales.

### 1.2.2.3. Generación de Co-Generación

Se denomina como co-generación o ciclo combinado a la coexistencia de dos o varios ciclos térmicos en un mismo sistema, el primero proceso térmico es con la fuente de un gas que mediante su combustión determina un fluido principal, generalmente vapor de agua, el cual es aprovechado en la siguiente etapa.

En el caso específico de la generación eléctrica, en la primera etapa el gas natural es dirigido a un proceso térmico en el cual es quemado para la generación de electricidad, las cuales emiten residuos, que es vapor de agua, y que en vez de ser liberados a la atmosfera es direccionado en una segunda etapa a turbinas de vapor para que genere electricidad.

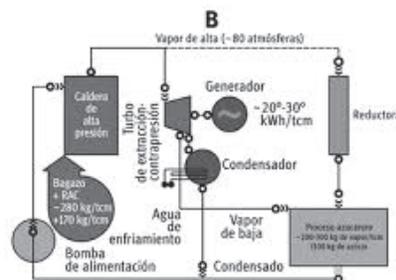


Figura 9: Esquema de Ciclo Combinado

Este proceso es muy empleado en fábricas, ya que luego de un proceso térmico se aprovecha para generar electricidad o transformarla en otro tipo de energía, bien o servicio.

### 1.2.2.4. Generación Fotovoltaica

Esta energía es proveniente totalmente del sol, su funcionamiento se basa en la radiación solar que son canalizados a través de dispositivos semiconductores o los que se denominan paneles o celdas solares que dan como resultado electricidad de corriente continua.

Los paneles son elementos modulares, que van conectados con una configuración en serie y paralelo para establecer características de voltaje, corriente. El espacio físico para su instalación es directamente proporcional a la potencia instalada.



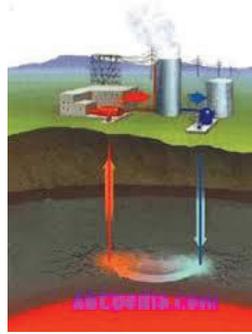


Figura 12: Modelo de Generación Geotérmica

Los yacimientos son de dos tipos:

#### 1.2.2.6.1. Yacimientos de Agua Caliente

Estos yacimientos son los encontrados mediante perforación, y son fuentes de agua caliente y vapor que son extraídos a la superficie para generar electricidad, y mediante otra perforación son devueltas al interior de la corteza terrestre.

#### 1.2.2.6.2. Yacimientos Secos

Son materiales (piedras), que se encuentran en el interior de la corteza terrestre, se tiene acceso mediante perforación y por la cual se introduce agua para que se caliente, luego se la extrae por otro agujero y la energía calórica es transformada en electricidad.

### 1.2.2.7. Generación Mareomotriz

La generación mareomotriz, es la generación que usa el recurso de la fuerza y movimiento de las corrientes marinas, las cuales con aprovechadas para la generación de electricidad.

Es catalogado como recurso limpio y renovable, el uso de esta energía para producir electricidad no emite residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

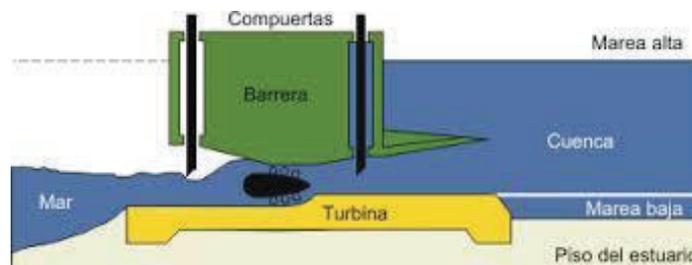


Figura 13: Esquema de una Central Mareomotriz

El funcionamiento de las plantas mareomotrices, es captar el agua en un embalse cuando la marea sube, espera que la marea baja y el agua del embalse pasa por ductos dirigidos a turbinas, generando electricidad.

#### **1.2.2.8. Generación Micro Hidráulica**

Esta generación utiliza el recurso hídrico que se encuentra en ríos, riachuelos, y ramales de ríos. El mecanismo de generación de electricidad es muy parecido al de una central de generación hidroeléctrica a gran escala, pero la diferencia es la infraestructura, ya que no tiene embalse, su capacidad de generación es baja y los niveles de voltaje son similares a los del sistema de distribución.

### **1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

Para determinar las características de la generación distribuida, debemos tener un referente, que es actual Sistema Eléctrico.

#### **1.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL**

Anteriormente se consideraba como un sistema eléctrico eficiente a aquel que consistía en grandes centros de generación de electricidad y sus correspondientes caminos o líneas de transmisión para el transporte de la energía eléctrica.

Hay que considerar que este sistema tradicional tiene algunos aspectos que deben ser considerados para su desarrollo como:

##### **1.3.1.1. Construcción:**

Al iniciar un proyecto de generación a gran escala, es necesario estudios previos muy detallados, extensas áreas de terrenos por consiguiente se debe llegar a acuerdos ante discrepancias y reacciones por las poblaciones vecinas, y la construcción en sí de la infraestructura, montaje de turbinas, equipos contemplan mucho tiempo y dinero. Luego de

su vida útil, el desmontaje es muy imposible o difícil de realizar, por lo que quedan abandonadas.

#### **1.3.1.2. Funcionamiento:**

Las centrales de generación deben someterse a mantenimientos permanentes, para que no disminuya su eficiencia y capacidad de generación. Los centros de generación se encuentran alejadas de las zonas pobladas, lo que obliga a la construcción y mantenimiento de una larga red de transmisión. De la misma manera se requiere equipos como los transformadores para transmitir la energía.

#### **1.3.1.3. Servicio:**

El servicio se caracteriza por la calidad del producto y la fiabilidad del suministro, estos son parámetros que deben ser considerados como: variaciones de voltaje, falta de suministro temporal, corte de energía por periodos largos, entre otros. Estos eventos se presentan en horas picos o épocas de gran demanda.

#### **1.3.1.4. Medio Ambiente:**

El impacto ambiental que representa la generación de electricidad es muy importante en su construcción, y en funcionamiento contribuye con gran cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, sobretodo la generación que usa recursos fósiles.

#### **1.3.1.5. En lo social:**

El hecho de centralizar la generación, hace que las líneas de transmisión sean extensas, y no todos los usuarios se encuentran juntos, muchos de estos se encuentran aislados y llegar con energía a estos puntos es técnicamente difícil y negativo en términos económicos.

Los sistemas de GD, es una técnica nueva que está solucionando problemas de la generación tradicional y abriendo un nuevo panorama a los sistemas eléctricos, gobiernos, consumidores y medio ambiente. Como toda aplicación mientras se va desarrollando tiene ventajas y desventajas las cuales describiremos a continuación:

### **1.3.2. VENTAJAS**

La GD en algunos casos es modular, lo que permite que pueda ser fabricada en cantidades industriales. La producción en masa permite que los costos de fabricación disminuyan lo cual permitirá que su compra e instalación sea económica y rápida.

La GD, puede difundir el uso de energías renovables y los beneficios de estos para generar electricidad evitando emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Los sistemas de GD, permite electrificar zonas aisladas o dispersa aprovechando los recursos energéticos locales, aumentando la autosuficiencia energética en la zona.

La interconexión de generadores pequeños forma un micro red, ofreciendo en conjunto un servicio fiable, compartiendo la carga, en caso de existir una falla sirve de soporte otro generador adyacente.

En regiones urbanas, la generación distribuida puede ayudar a aliviar la carga de la red en horas pico, evitando costos extensos y largos en repotenciar las redes de distribución.

El implementar GD en los centros de consumo, permitiría que el sistema de distribución mejor su eficiencia, reduciendo las pérdidas de energía en el transporte de la misma.

### **1.3.3. DESVENTAJAS**

Al ser las energías renovables la principal fuente para generar electricidad en la GD, hay que considerar que fuentes como el aire y la luz solar son fuentes que presentan incertidumbre y aleatoriedad.

Las redes de distribución, están enfocadas y diseñadas para que el flujo de energía sea unidireccional, y conectarlas a los sistemas de GD sin el estudio adecuado ocasionaría problemas técnicos y de seguridad.

Para la introducción de la generación y conexión al sistema de distribución, debe cumplir ciertas características, analizando caso por caso y no se los puede generalizar la forma de conexión.

Determinar la ubicación y punto de conexión de la GD, debe ser muy bien analizado, ya que la variación de la topología y estructura de la red es inevitable.

La GD implica reducción de pérdidas, sin embargo a medida que aumenta la producción de energía en las mismas puede llegar a un punto donde el porcentaje de perdidas es intolerable por el exceso de generación.

Al ser una tecnología nueva y en desarrollo, la implementación de la misma involucra altas inversiones hasta el momento.

## **2. DETERMINACIÓN, PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y ENERGÍA EN CONJUNTO DE VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNAS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.**

En este capítulo se determinará las condiciones actuales de la carga instalada y energía que requieren las vallas publicitarias y de señalización nocturna en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), y se las caracterizara dentro la demanda y energía que abastece la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), que es la encargada de suministrar la energía en la ciudad. Se contemplara las políticas proyectadas para el desarrollo del Sector Eléctrico y su aceptación y beneficios con la incorporación de la DG.

### **2.1.DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE LAS VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN.**

Para determinar la demanda eléctrica de las vallas publicitarias y de señalización nocturna, se debe conocer la potencia instalada y su funcionamiento, para lo cual es necesario caracterizarlas.

#### **2.1.1. CARACTERÍSTICAS, TIPOS Y FUNCIONAMIENTO DE LAS VALLAS**

##### **2.1.1.1. Características**

Las vallas, carteles o paneles, son estructuras que se encuentran dispersas por diferentes parte del DMQ, por lo que se ha convertido de forma cotidiana en parte del entorno de la ciudad, en la cual se muestra a la ciudadanía información de tipo comercial, turística, señalización, tránsito, advertencias, etc. información pública y de empresas privadas que es de gran ayuda para el desenvolvimiento de las personas en sus actividades cotidianas.

Las vallas, son colocadas estratégicamente en muchos puntos dentro y fuera de las ciudades donde la concentración y flujo de personas o vehículos es constante para que la mayor cantidad de personas la puedan visualizar y que el mensaje informativo o comercial se difunda permanente durante día y noche, por lo cual está sometido a normas, estándares o condiciones de instalación y funcionamiento, los cuales son establecidos por las autoridades del DMQ.

El impacto y penetración del mensaje en las personas de la información está en función de varios elementos como el diseño gráfico, tamaño, color, mensaje, iluminación, texto; los cuales deben ser coordinados simultáneamente para que el mensaje sea más penetrante en la mente de las personas que la vean, quedando el mensaje en el público.

Entre las ventajas que tiene este medio al difundir información es la presencia las 24 horas los 7 días, su costo es bajo y es utilizado para complementar campañas de cualquier índole.

En el Distrito Metropolitano de Quito, las vallas publicitarias se encuentran reguladas por la ordenanza número 0096 del régimen oficial 183 [4], la cual se encuentra vigente desde el 3 de octubre del 2003. Las vallas publicitarias en la ciudad se encuentran concesionadas a los grupos: Letra Sigma, Publitrans, Impacto Publicidad Externa, Induvallas y Grupo Reinberg. Los cuales superan las 2000 unidades o puntos de vallas y rótulos publicitarios con iluminación en el Distrito.

La señalización de tránsito también se encuentra en el DMQ, pero no tiene una regulación definida a pesar que existe alrededor de 2500 carteles de tránsito en la urbe, ya que no entrega regalías al Municipio. Pero si cabe mencionar que un gran porcentaje de estas no tiene iluminación.

#### **2.1.1.2. Tipos y Clasificación de las Vallas, Rótulos y Paneles**

Los rótulos tienen diferentes formas; y por consecuente su clasificación es muy diversa, en la cual se toma en consideración alguna característica de la estructura, cartel, mensaje, forma, movimiento, etc.

Un ejemplo de la clasificación puede ser: mono poste, biposte, tres caras, digital, móvil, iluminada, etc.

Para el presente estudio se las agrupado de la siguiente manera.

### 2.1.1.2.1. *Valla Estándar*

Se denomina estándar ya que son las más simples y ocupan el menor espacio posible y esta direccionada a la señalización diurna, su estructura de soporte es de 2 a 4 parantes, a un promedio de 7 metros de altura sobre el nivel del suelo, con dimensiones del rótulo entre 7x4 a 10x4 metros. Carece de iluminación, sin embargo esta desarrollado con material reflectivo.

Estas vallas se encuentran en zonas alejadas, periféricas o aprovechan paredes, muros, pasos peatonales, puentes, túneles, etc.



Figura 14: Valla Estándar [5]

### 2.1.1.2.2. *Valla Tubulares Frontlight*

Esta tiene rótulos con dimensiones de 4 metros de alto por 8 metros de largo su impresión es full color en lona vinílica fotográfica con una resolución de 740 DPI, con protección Tedlar acrílico UV, su estructura es un poste metálico de 80 cm de diámetros, que esta sobre una cimentación de hormigón armado a 2,5 metros por debajo del nivel del suelo, su altura sobre el nivel del suelo varía entre 8 a 12 metros en función de la ubicación, este panel tiene iluminación frontal con lámparas o reflectores halógenas de luz blanca de 500 W o reflectores Metal Halide de 400 W. siendo la que mayor porcentaje existe en la urbe



Figura 15: Vallas Tubulares Frontlight [5]

A esta valla tubular, se le puede hacer ciertas modificaciones con la instalación de un pequeño motor, para que gire convirtiéndola en una valla giratoria de tres caras o para que tenga algún movimiento o gesto en la valla pero estas no son instaladas por frecuencia, por la falta de regulaciones claras en el tema de contaminación visual que estas producen, y su uso es casi nulo en el DMQ.



Figura 16: Vallas Publicitarias con Variaciones para su Movimiento.

### 2.1.1.2.3. *Vallas de Paleta o Peatonales.*

Estas vallas son las que se encuentran ubicadas sobre las veredas muy cerca de las paradas de transporte público, presenta un sistema de doble pantalla con un sistema de iluminación interna, con luminarias fluorescentes tubular T8 sus dimensiones son de 1 metro de ancho por 1,8 metros de alto.



Figura 17: Valla Paleta [5]

### **2.1.1.3. Funcionamiento**

El objetivo principal de un panel, es dar a conocer la información que se pone en ella, llamando la atención de las personas que pasan cerca de ella para lo cual esta información debe ser clara, sencillo y atractiva; lo cual está a cargo del diseñador gráfico que determina la impresión.

El único sistema que se tiene que controlar, es el sistema de iluminación, el cual se enciende y apaga en función de cantidad de luz presente o de acuerdo a la hora del día. El sistema de control, no requiere que este en cada una de las vallas, se las puede agrupar tomando consideraciones de ubicación, altura, sector, circulación de vehículos, etc. para que un conjunto de vallas enciendan su iluminación con un solo sensor de control, para abaratar costos.

El control de las mismas se las hace de dos maneras: con fotoceldas o temporizadores conectados a un reloj.

### **2.1.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA ELECTRICA ACTUAL.**

Para el cálculo de la demanda eléctrica se consideraron los siguientes aspectos y valores promedios:

El método de cálculo para determinar la demanda, es tomado de la referencia de la Empresa Eléctrica Quito. (Anexo A)

Se tomaran en cuenta 2000 vallas o paneles tubulares Frontlight, con un promedio de 4 reflectores Metal Halide de 400 W, dispersas por toda la ciudad. Con la hoja técnica del reflector o datasheet; (Anexo B), tomaremos los datos requeridos para desarrollar el cálculo.

El resultado de estos puntos está representado en la Figura 18

REGION	APARATOS ELECTRICOS Y DE ILUMINACION			Pn (W)	Cl (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCION	CANTIDAD							
1	Paneles Tubulares Frontlight	4		400	1600	100	1600	100	1600
2	Paneles Tubulares Frontlight	4		400	1600	100	1600	100	1600
3	Paneles Tubulares Frontlight	4		400	1600	100	1600	100	1600
.	.	.		.	.	.	.	.	.
.	.	.		.	.	.	.	.	.
.	.	.		.	.	.	.	.	.
2000	Paneles Tubulares Frontlight	4		400	1600	100	1600	100	1600
TOTALES	VALLAS PUBLICITARIAS	8000		800000	3200000	200000	3200000	200000	3200000
DMU (kW)				3200					
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA				0,9					
FACTOR DE DEMANDA				1					
DD (kVA)				3555,56					

Figura 18: Tabla de Cálculo de la Demanda

La demanda de las vallas publicitarias tubulares es 3555,22 kVA, los cuales se requiere en el transcurso de la ausencia de luz solar; desde las 5:45 pm hasta las 6:30 am, un periodo de 12 horas y 45 minutos generando un demanda de 3,2 MW diarios y consumiendo 1,22 GWh al mes, representa alrededor del 13,98% de la demanda promedio mensual del año 2013.

La manera de operación y funcionamiento se la puede representar mediante la siguiente curva de demanda:



Figura 19: Curva de Demanda de la Potencia de las Vallas Publicitarias Tubulares

## 2.2.PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO.

La demanda eléctrica es un valor que siempre va a variar con una clara tendencia a la alza, y en el DMQ siendo la capital del País, el crecimiento de la demanda es constante, en función de factores como la migración interna temporal y permanente hacia la ciudad, el incremento del turismo, el desarrollo de las actividades económicas e industriales dentro de la ciudad, etc. (en definitiva el constante aumento de la carga instalada).

La Empresa Eléctrica Quito, en el año 2013 presento su demanda mensual más alta de 707,78 MW requerida en el mes de Noviembre, el cual registro un incremento del 6,4 % con respecto al 2012.

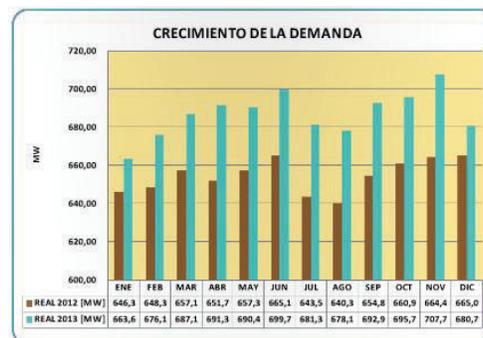


Figura 20: Crecimiento de la Demanda en el año 2013 [6]

De la Figura 20, podemos determinar que el valor promedio mensual del año 2013 es 686,5 MW. El consumo de energía en el 2013 fue de 3988,5 GWh, con un incremento de 3,74 % respecto al año 2012.



Figura 21: Crecimiento de Consumo de Energía en el año 2013 [6]

El requerimiento de la energía en el área de administración de la EEQ fue cubierta por: Generación Pública en un 84,31%, la Generación Privada aportó con el 7,26%, se importó de Colombia el 8,04% y el 0,39 fue aporte de Auto-productores que no se encuentran dentro del Mercado Eléctrico.

Como se visualiza en los años siguientes el aumento de la energía se incrementará inevitablemente, sin embargo el comportamiento de la demanda es lo que analizaremos para determinar el beneficio de la implementación de la generación distribuida en el sistema de la Empresa Eléctrica Quito.

### 2.2.1. SECTOR RESIDENCIAL.

Si tomamos en consideración aspecto o actividades que vamos a realizar con la implementación de aparatos eléctricos como las cocinas de inducción, la demanda residencial que representa el alrededor del 82% de la demanda total EEQ, tendría una curva muy parecida a la siguiente:



Figura 22: Bosquejo de Curva de Demanda para el Sector Residencial

Basándonos en la Figura 22, la demanda pico se encuentra entre 5:00 hasta las 8:00; la cual representa el prepararse para el inicio de nuestras actividades. Un valor similar se presenta entre las 18:00 hasta las 23:00 que es cuando regresamos a casa. Estos dos intervalos se intersecan con el ciclo de funcionamiento de las vallas tubulares de publicidad y señalización (figura 13).

### 2.2.2. SECTOR COMERCIAL.

La demanda de potencia eléctrica para el sector comercial está en función del nivel de desarrollo y productividad que tiene las empresas, fábricas, comercio, transporte, etc. dentro de la zona concesionada. Consideran este criterio el funcionamiento del sistema de transporte masivo “Metro” en el Distrito en los siguientes años, y obviamente la tendencia de demanda eléctrica al aumento de energía por la industrialización que se planea llevar a cabo en el país, desarrollaremos un bosquejo de la curva de demanda de consumo.



Figura 23: Bosquejo de Curva de Demanda para el Sector Comercial

Considerando la Figura 23; se puede determinar que a diferencia de la curva demanda residencia que presenta picos de demanda, esta curva se la podría analizar como dos zonas o franjas: una de demanda baja desde las 22:00 hasta las 6:00; y la zona de demanda alta que inicia desde las 6:00 hasta las 22:00.

La demanda de las vallas publicitarias y señalización se encuentra dentro o es parte de la demanda comercial, sin embargo no siguen la misma tendencia y la analizaremos en tres zonas o periodos del día:

En el intervalo de 6:30 a 17:45, mientras la comercial empieza su ascenso y se posiciona en la zona alta, la demanda de las vallas es cero o no exige demanda.

En el intervalo de 17:45 a 22:00, la comercial empieza a decrecer el requerimiento de demanda, pero sin embargo se encuentra en su zona alta, la demanda de las vallas inicia su requerimiento y se ubica en el punto máximo. Hay que contemplar que en este intervalo la demanda residencial presenta su pico de requerimiento, lo cual establece que es un intervalo con gran demanda global y que puede traer exigencias para el sistema.

Intervalo 22:00 a 6:30, la curva de demanda comercial se consolida en su zona baja, mientras la curva de las vallas sigue en su punto más alto. Al finalizar el intervalo, la iluminación en las vallas se va apagando lo cual baja totalmente su demanda e inicia el crecimiento de la comercial.

## **2.3.PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD**

El crecimiento de la demanda de energía eléctrica es una tendencia mundial y que es muy difícil de controlar, la electricidad es comercializada como un producto, y por tanto mientras el requerimiento aumente, las distribuidoras de energía deben de ver los medios para generarla, evitando que el mercado entre en crisis energética por falta de suministro.

En la actualidad la generación de electricidad, debe proyectarse para abastecer la demanda de energía para años futuros optimizando los recursos económicos y también cumpliendo con requerimientos sustentables con el medio ambiente.

En el país, el incremento de la demanda eléctrica ha sido moderado. Sin embargo el requerimiento y consumo cada vez mayor de recursos energéticos como los derivados del petróleo en el mercado nacional e internacional hace que sea muy costoso el uso de estos; como ayuda a la población se han implementados subsidios los cuales son un rubro muy alto para el estado y continua la generación de cantidades considerables de emisiones de CO<sub>2</sub> que no son amigables con el medio ambiente; razón que dio por crear, desarrollar e implementar políticas energéticas para el cambio de estos recursos derivados del petróleo por el de la electricidad por ser más económico y limpio.

Este reemplazo energético en el ámbito industrial y residencial hará que el requerimiento de electricidad aumente de forma rápida en todos los sectores para lo cual el Estado tiene la obligación de sustentar y desarrollar maneras de generarlas.

### **2.3.1. CAMBIO DE MATRIZ PRODUCTIVA**

La matriz productiva no es más que el conjunto de materia prima, procesos, productos y las relaciones sociales que interactúan simultáneamente en un entorno.

El cambio de matriz productiva es un conjunto de procesos de corto, mediano y largo plazo, que debe ser ejecutado con lógica y sincronismo con el objetivo de fomentar el desarrollo de

nuevos sectores y mantener los anteriores si existen las condiciones y recursos. En el caso de nuestro País, este proceso empezó desde el 2007, proponiendo los siguientes pasos:

Especificando un plan de diversificación productiva basada en el potencial y desarrollo de la industria local.

Se preparó la manera de incorporar un valor en la producción existente mediante la incorporación del conocimiento y tecnología.

Luego se sustituyó bienes, servicios y productos terminados que eran importados de una forma selectiva, y reemplazados por la producción nacional.

Y finalmente, se buscó nuevos mercados, y estimuló la exportación de nuevos productos a diferentes lugares del mundo.

En este proceso, la industria requiere sin duda una fuente indispensable que es la energía eléctrica, la cual debe estar a disposición total para el desarrollo de la producción nacional.

En el sector residencial, el uso de gas licuado de petróleo, es un elemento utilizado en todos los hogares para cocinar, es muy costoso ya que el gobierno subsidia el valor real, lo cual representa un presupuesto muy elevado del Estado. Por lo que planificó el cambio al sistema de cocinas de inducción, para lo cual la demanda eléctrica debe ser atendida.

La capacidad instalada en el año 2007 era aproximadamente de 4778,08 MW, la cual no abastecía el aumento de demanda para reemplazar los derivados del petróleo por la electricidad, para lo cual se desarrollaron estudios y construcciones para generación hidroeléctrica, explotando el potencial energético con el menor impacto ambiental, con los denominados proyectos emblemáticos: Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Toachi Pilatón, Quijos, Sopladora y Villonaco, este último de generación eólica, dando iniciativa al uso de energías alternativas. Al terminar la construcción y ponerlas en operación se tendrá una generación instalada de 8500 MW para el año 2017.

Por otro lado, el compromiso de ayudar a evitar la contaminación ambiental, ha promovido la generación de electricidad a través de energías limpias y alternativas, con regulaciones emitidas por el CONELEC, para dar apoyo a la construcción y rentabilidad a los inversionistas, reduciendo significativamente la generación térmica y reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera, mediante un plan de expansión de energía.

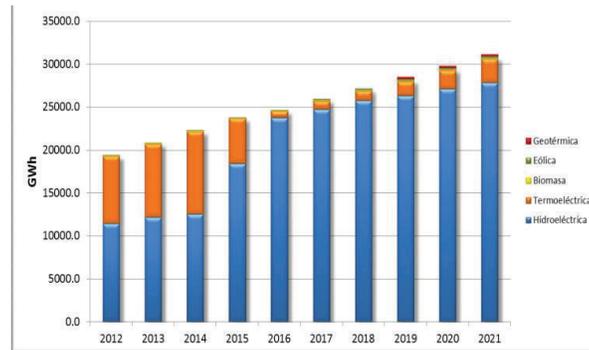


Figura 24: Composición de la Generación por Tipo de Tecnología [7]

El hecho de poder generar electricidad, no soluciona el aumento de la demanda. Solo es el inicio para que el sistema eléctrico funcione adecuadamente, se debe tomar acciones complementarias, para que este recurso energético sea administrado de forma óptima y solvente de carácter complementario a la generación de electricidad.

### 2.3.2. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DE LA GENERACIÓN

La electricidad es un recurso indispensable para las actividades y desarrollo de un país, pero no basta con generar la cantidad suficiente, como un recurso comercial y social, hay que considerar el servicio y la calidad del mismo.

Para que la GD sea implementada en el DMQ, se analizará el desarrollo de la EEQ en varios aspectos de calidad y servicio en la distribución de energía como:

#### 2.3.2.1. Continuidad e Interrupciones de Servicio.

La electricidad como un servicio básico, debe estar disponible y suministrado por el mayor tiempo y frecuencia, sin embargo las fallas en el sistema de distribución son inevitables y por tanto las desconexiones como medio de protección, mantenimiento, reparación y construcción son necesarias, lo cual involucra que zonas o alimentadores sufran corte de suministro de energía.

Lo que se debe limitarse para que la generación eléctrica pueda ser consumida, ya que almacenarse energía no es fácil técnica ni económicamente. El Ministerio de Electricidad y

Energía Renovables (MEER) estableció metas o límites que debían ser cumplidas para garantizar un servicio de calidad, entre los factores a considerar tenemos: Los términos TTIK (tiempo total de interrupciones); y FMIK (frecuencia media de interrupciones) para la EEQ se han desarrollado de la siguiente manera.

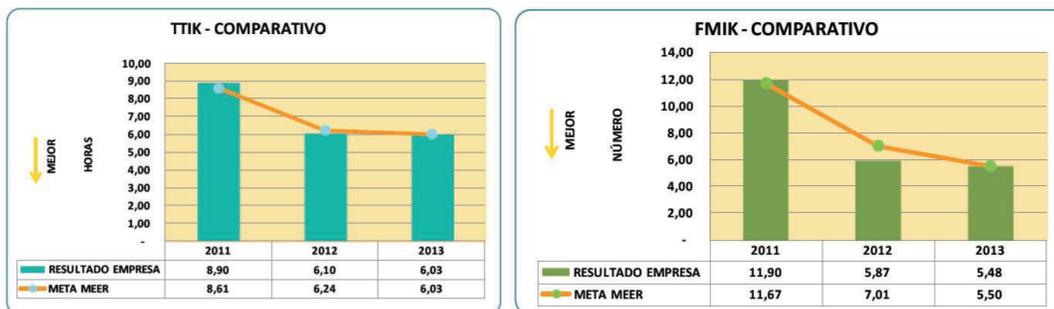


Figura 25: Estadística de los tres últimos años de TTIK y FMIK de la EEQ. [6]

La implementación de la GD contribuiría en casos de corte de energía por cualquier caso, el cliente pueda generar su propia energía o utilizar la energía almacenada con anterioridad, reduciendo en número de horas y la frecuencia sin electricidad. Mejorando la continuidad de servicio.

### 2.3.2.2. Parámetros de Calidad del Servicio

La electricidad al ser un producto comercial, está sujeto a niveles de calidad, esto con la finalidad que su uso sea seguro y evitar que disminuya la vida útil de los aparatos eléctricos sobre todo por niveles inadecuados de voltaje.

El CONELEC, es el encargado de las regulaciones para el mercado eléctrico, mediante la regulación CONELEC 004/01 [8]; el cual establece el nivel de voltaje no debe ser inferior al 95% del valor nominal. La EEQ se ha ido desarrollando de la siguiente manera en los últimos años.

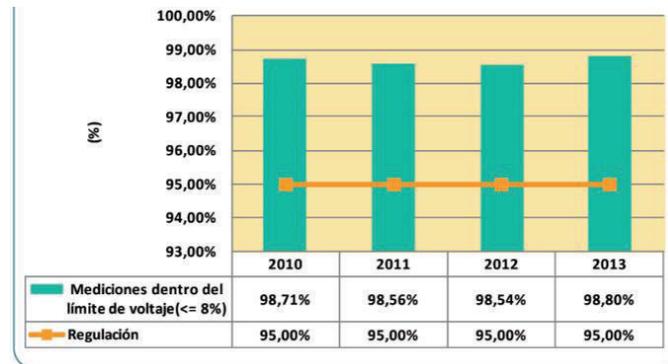


Figura 26: Comparativo de Mediciones de Voltaje. [6]

Como se visualiza en la Figura 26, la EEQ no presenta dificultad, sus niveles de voltaje superan el límite inferior.

En la GD, este nivel de voltaje está sujeto a la parte del regulador, dispositivo electrónico el cual establece los valores reales con los valores calibrados para que la energía generada cumpla con estándares de nivel de voltaje y forma de onda establecidos por las regulaciones vigentes.

### 2.3.2.3. Reducción de Pérdidas en el Sistema de Distribución.

La electricidad es un producto que debe ser transportado y está sujeto a que no llegue totalmente lo producido al cliente final, se pierda cierta cantidad en el camino, estas pérdidas pueden ser de tipo técnicas y no técnicas.

#### 2.3.2.3.1. Las Pérdidas Técnicas

Son aquellas que existen inevitablemente y solo se las puede reducir hasta un punto límite proporcional a la cantidad de energía o circulación de corriente. En el caso de la electricidad, transportar la energía eléctrica de un punto a otro recorriendo grandes distancias, implica pérdida de energía en los conductores, los cuales presenta una cierta resistencia al flujo de la misma y se pierda en forma de calor. Este factor también está condicionado al económico (costo y vida útil de materiales).

#### 2.3.2.3.2. Las Pérdidas No Técnicas

Es toda energía que llega a los centros de consumo se despacha pero no puede recuperarse su costo por lo cual lo asume la empresa encargada de la distribución. Este puede ser

producto de: robo de energía, falla en los contadores de energía o medidores, falta de control en recaudación, acometidas temporales, clientes no regulados, etc.

La suma de las pérdidas técnicas y no técnicas, es un factor que determina la eficiencia de la empresa distribuidora de energía eléctrica de la zona.

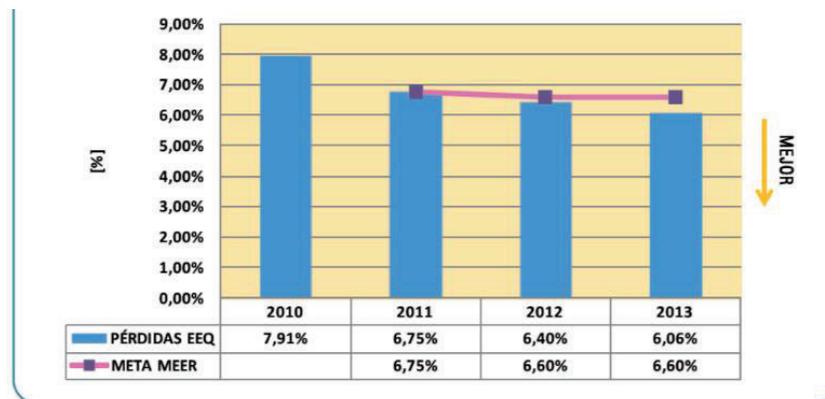


Figura 27: Comparativo de Pérdidas de la EEQ

Como se muestra en la Figura 27, el porcentaje de pérdidas ha disminuido en la EEQ. Lo cual ha permitido recaudar mayor cantidad de dinero por la venta de energía.

Hay que mencionar que la energía eléctrica recorre rutas o caminos llamados alimentadores y mientras mayor distancia recorra mayor serán las pérdidas técnicas y la probabilidad de que las pérdidas no técnicas aumenten. En el caso de los alimentadores rurales o para centros muy pequeños pero alejados, los costos de construcción y mantenimiento de un alimentador son muy altos por lo que no es rentable económicamente, sin embargo se lo realiza por responsabilidad social.

La GD se encuentra muy cerca de las carga, por lo que la distancia que tiene que recorrer la electricidad es corta lo cual reduce significativamente las pérdidas técnicas, reduciendo la posibilidad de pérdidas no técnicas y en el caso de consumidores aislados permite mejores condiciones de servicio sin sacrificar aspectos económicos.

#### **2.3.2.4. Gestión de Servicio al Cliente**

Es la vinculación y realimentación de la empresa de distribución con los clientes con aspectos como la forma y tiempo de atención, facturación, reclamos, solicitudes, información, suspensiones, reconexiones, ingreso de nuevos usuarios, cobertura, iluminación pública, consultas, etc. Facilitando que los usuarios puedan acercarse a las agencias de servicio al cliente a realizar actividades, reportes, denuncias y gestiones de forma fácil y rápida; permitiendo que sea agradable y cómoda.

### **2.4. IMPLICACIÓN DEL PROYECTO EN LA DEMANDA ACTUAL**

En el presente proyecto se propone seleccionar una parte de las vallas con iluminación y sin iluminación, ubicar sistemas de generación con una potencia de alrededor 3 MW. Las cuales contribuirán mensualmente con el 13% de la demanda promedio mensual (respecto del año 2013).

Esta potencia instalada generará mensualmente 275 GWh, de los cuales se entregaran a la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito 134 GWh y el resto será para el consumo de sus cargas internas. El 13 % de la demanda mensual es representativo, pero hay que considerar que su implementación a la red pública se lo realizará en las horas de menor consumo y por consecuente de mayor estabilidad de la demanda.

Al existir la iniciativa de los ciudadanos en implementar sistemas de generación para su uso internos, y al existir excedentes inyectarla a la red. El usuario debe informar a EEQ la cual no tiene ningún problema en aceptarla, pero esta energía será inyectada a la red de forma gratuita, y no será pagada o descontada de alguna manera. Al menos que exista una regulación emitida por el CONELEC en el cual se refiera a este tema.

En el caso de empresa o proyectos de generación a mediano y gran escala, la EEQ es claro y debe seguir los procedimientos de Ley.

El DMQ puede ser muy influyente en el proceso de implementación de este proyecto. Por ser el ente que regula la instalación y funcionamiento de las vallas; y por otra parte, el principal accionista de la EEQ.

### **3. ANÁLISIS TÉCNICO Y BALANCE ENERGÉTICO, DE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA APLICABLES A NUESTRO MEDIO.**

La GD presenta cierta complejidad técnica y energética; por lo que se debe realizar un estudio previo en la recolección de información o adquirirla de fuentes confiables, para garantizar el funcionamiento del proyecto, y consecuentemente que la inversión inicial se recupere y genere utilidad en el tiempo de funcionamiento del proyecto.

#### **3.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE POTENCIAL ENERGÉTICO**

En el caso de los sistemas de generación de electricidad se debe establecer primero la fuente o recurso, la cual va a ser transformada en electricidad. Luego las condiciones y equipos de generación, para determinar la potencia que puede generarse para satisfacer las cargas.

##### **3.1.1. SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ENERGÍA**

Como se menciona en el primer capítulo, la GD en la mayoría funciona a base de energías alternativas, las cuales presentan gran alternabilidad y es considerada un recurso con riesgo e incertidumbre, por lo que es muy importante seleccionar la fuente adecuada.

En el segundo capítulo se estableció un valor de 2000 puntos, los cuales se encuentra dispersos por toda la ciudad, en una área aproximada de 360 km<sup>2</sup>. Por lo que es aconsejable describir el entorno para seleccionar la fuente de energía alternativa que presente un potencial real.

##### **3.1.1.1. Características Geográficas y Climáticas del Distrito Metropolitano de Quito**

La ciudad se encuentra a 0°15' latitud sur y 78°35' longitud oeste, se encuentra sobre el Valle de Quito, que está vinculada con la Cordillera Occidental de los Andes Septentrionales a una

altitud promedio de 2850 msnm; su punto más elevado es 3100 msnm y la zona más llana está a 2800 msnm.

La ciudad tiene una superficie aproximada de 324 km<sup>2</sup>, con una distancia de 50 km de largo en sentido sur-norte y 8 km de ancho, se encuentra sobre la falla geológica llamada Quito-Ilumbisi o también denominada falla de Quito.

Su clima está catalogado como Subtropical de tierras altas, con dos estaciones muy bien definidas como el invierno con lluvias prolongadas y el verano con temperaturas muy elevadas durante 4 meses aproximadamente. Su temperatura varía entre los 10 °C a los 27 °C.

Su posición geográfica se encuentra muy cerca sobre la línea ecuatorial, y recibe niveles extremos de radiación solar durante todo el año, con registros de 24 UVT. (Anexo C)

### **3.1.1.2. Alternativas de Fuente de Energía**

En esta sección se analizará si es factible utilizar una o varias fuentes alternativas, para lo cual se recolectara información, comparará datos y características como los estudios previos, la construcción, mantenimiento de las diferentes maneras de generar electricidad para ser implantado en el DMQ.

#### *3.1.1.2.1. Potencial Eólico:*

Los puntos están dispersos por toda la ciudad, lo que involucra que existe gran variedad de velocidades de viento, ya que en la ciudad existe zonas elevadas y bajas. Las estadísticas de velocidad de vientos, son muy difíciles de obtener, para lo cual se debe implementar medidor de velocidad de viento en cada punto, lo que involucra una gran inversión y el periodo de medición no menor a 5 años. El implementar aerogeneradores podría producir un impacto visual por las autoridades del DMQ pueden presentar objeciones.

Esto involucra que no esté dentro de las alternativas por razones económicas y tiempo muy largo para saber si es verdaderamente factible la inversión, desarrollo y construcción.

#### *3.1.1.2.2. Potencial en Biomasa:*

Quito es la capital del país, por lo que es una ciudad muy poblada, y con un alto grado de construcciones. Lo cual no permitiría el cultivo de biomasa, el traerlo de otra parte del país involucra un alto costo en su transporte, exigiría de altos costos de operación: el cultivo para

destinarlo a la generación no sería muy bien visto por la población, y se exigiría que sean destinados a la alimentación.

Por el impacto social y el espacio para la cultivación de la biomasa, esta fuente de energía no es viable.

#### *3.1.1.2.3. Potencial en Hidrocarburos:*

El ubicar motores de combustión interna para generar electricidad, a estas pequeñas cargas no cabe dentro del concepto de las políticas del Estado, ya que se busca reducir la generación térmica y emisiones de CO<sub>2</sub>. Además el petróleo es un elemento no renovable, y su precio sube constantemente en el mercado internacional, y el combustible es subsidiado por el Estado en nuestro país.

#### *3.1.1.2.4. Potencial Geotérmico:*

La ciudad se encuentra rodeada por volcanes activos y pasivos, lo que si se realiza perforaciones es probable que encontremos elementos muy calientes como piedras, o la misma agua caliente y vapor, sin embargo el número de perforaciones es bastante considerable, además las perforaciones son muy profundas y requiere un espacio amplio, por lo que la inversión sería extremadamente costosa, lo que no es conveniente en términos económicos.

#### *3.1.1.2.5. Potencial Micro Hidráulico:*

Este tipo de generación es muy conveniente económicamente, sin embargo requiere un condicionamiento geográfico, que cada punto o un conjunto de vallas se encuentre cerca de flujos continuos de agua, lo cual no es fácil, lo cual descarta este tipo de generación.

#### *3.1.1.2.6. Potencial Fotovoltaico:*

El DMQ se encuentra en la zona ecuatorial, lo cual desarrolla un gran potencial, el registro de radiación solar es mucho más fácil de obtener y no existe variaciones significativas en la zona, (Anexo D). El desarrollo de la tecnología ha mejorado los paneles o celdas fotovoltaicas en rendimiento y se los fabrica de forma industrial lo que ha permitido que los precios de los paneles disminuyan lo que hace que sea técnica y económicamente factible.

Considerando todas las posibilidades de generación alternativa, se ha seleccionado la generación fotovoltaica, ya que el sol es un recurso que se encuentra equitativamente sobre el área de la ciudad, llegando a todos los puntos donde se encuentran las vallas publicitarias

y de señalización con una radiación homogénea, evitando que se realice un estudio individual; generalizando los datos y condiciones de partida para todas las vallas, lo cual se tendrá datos de radiación permanentes y efectivos porque los rayos del sol caen perpendicularmente sobre la superficie. EL sistema de paneles fotovoltaico si bien su implementación tiene un costo relativamente alta, no requiere de mantenimiento constante y su vida útil supera los 20 años.

### 3.1.2. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar, es emitida por el punto o estrella más brillante y cercano que podemos ver en nuestra galaxia, y está muy relacionada con la vida en nuestro planeta a pesar que solo se capta una infinitésima parte de la radiación que produce, la vinculación es tal que a excepción de la energía nuclear y geotérmica, todas las anteriores fuentes de energía alternativas son producto de la radiación del Sol, la misma es una fuente de energía que varía de acuerdo a la posición geográfica y tiempo.

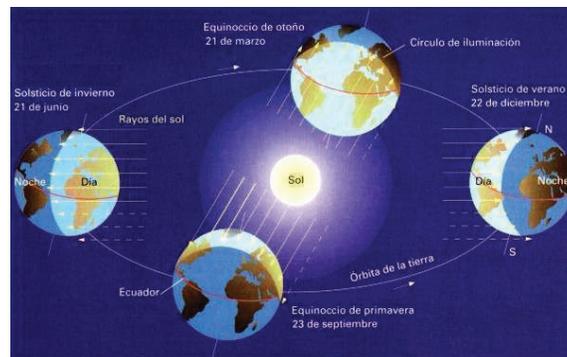


Figura 28: Radiación Solar sobre la Tierra

Los rayos del sol al entrar a la Tierra, formando un ángulo debido a los movimientos de rotación y traslación del planeta, además al ingresar la radiación producen colores azulados, blancos y rojos esto sucede a que nuestra atmosfera está compuesta por gases y partículas que reflejan, absorben y difractan la luz del Sol, por lo que la radiación se la clasifica de la siguiente manera:

### 3.1.2.1. Radiación Directa

Se denomina directa, a la que procede del disco solar, es decir la radiación que entra al planeta y no es desviado por algún elemento de la atmosfera llegando directamente sobre la superficie terrestre o captadora, formando un ángulo que está relacionado con la latitud del planeta.

### 3.1.2.2. Radiación Difusa

Es la que procede del cielo nubes y partículas, es decir la radiación que al ingresar al planeta fue dispersada por chocar con la atmosfera y no pudo llegar a la superficie terrestre de forma directa, sin embargo esta radiación debe ser visible por la superficie terrestre o captadora.

### 3.1.2.3. Radiación Reflejada

Es la radiación del entorno, la radiación que llegó a la superficie terrestre y se presentaron las condiciones para que esta rebote hacia la superficie captadora. El nivel de radiación reflejada va estar relacionada con las características y condiciones del material en el cual rebota.

### 3.1.2.4. Radiación Global

Esta es el resultado de la vinculación de las radiaciones directas, difusas y reflejadas que se presenten sobre la superficie de un captador de radiación o panel fotovoltaico.

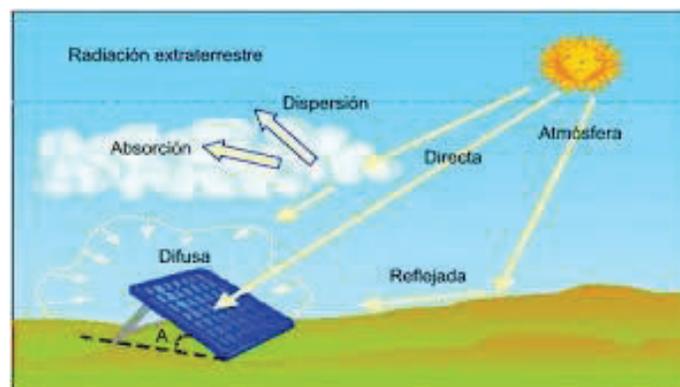


Figura 29: Esquema de los Tipos de Radiación

Conocidas las componentes de la radiación solar global, el cálculo de la radiación efectiva o incidente sobre una superficie se lo realiza obteniendo por separado, mediante procedimientos analíticos, las componentes sobre el plano inclinado (panel fotovoltaico) y sumándolos.

Para evitar ambigüedad o confusión de la palabra “radiación”; ya que no tiene unidades físicas, se utiliza los términos:

#### 3.1.2.4.1. Irradiancia

Este término tiene una dimensión de unidades de potencia eléctrica y superficie  $[W/m^2]$ , es decir mide la cantidad de vatios que se puede generar en una determinada área.

#### 3.1.2.4.2. Irradiación

Esta es la más utilizada y conocida para el cálculo del diseño de los sistemas fotovoltaicos; es la relación de la energía que se puede producir en una determinada área, es igual a la irradiancia multiplicado por tiempo; este tiempo es característico de cada sitio y es el número de horas en donde la radiación global es efectiva para la generación fotovoltaica, su magnitud es  $[Wh/m^2]$ .

#### 3.1.2.4.3. Hora Solar Pico (HSP)

Es un parámetro que relaciona hipotéticamente la irradiancia solar constante de  $1000 W/m^2$  en determinado tiempo de radiación efectiva en el transcurso del día.

Este término equivale a  $1 kWh/m^2$  o su equivalente  $3,6 MJ/m^2$  y gráficamente se la puede representar de la siguiente manera:

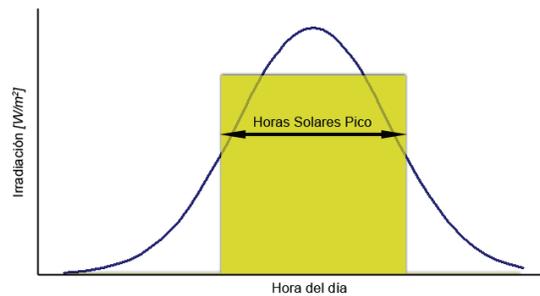


Figura 30: Representación Gráfica de HSP

Como se observa en la Figura 30, la hora a la que se puede generar valores pico y mayor cantidad de electricidad es las 12:00 PM; ya que presenta el valor más alto de irradiación, esto se debe que el Sol se encuentra en la mitad del horizonte.

La Horas Solar Pico (HPS) considerado el tiempo efectivo de radiación con la que se puede generar electricidad durante el día, aunque la presencia del sol esta por alrededor de 12 horas, no significa que todo el tiempo la radiación sea efectiva, la presencia de nubes presenta cierto obstáculo al paso de la radiación, por lo que se reducen las horas y estas se encuentran entre 10 AM hasta 2 PM; si consideramos es el intervalo donde se encuentra el mayor área de la curva.

Con estos datos se puede desarrollar los estudios de Pre-Dimensionamiento o factibilidad.

Para el desarrollo de las simulaciones se utilizará la versión gratuita del Software “PVsyst v6.30”. (Anexo E)

## 3.2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La generación fotovoltaica se la describió muy brevemente en el primer capítulo, al ser la fuente más conveniente para el desarrollo del proyecto, se lo desarrollará de manera más detallada.

### 3.2.1. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

La idea de la generación fotovoltaica fue descubierta en 1839 por el físico francés Becquerel; pero la primera celda, célula o panel fotovoltaico no fue desarrollado hasta 1883 por Charles

Fritts; la tecnología de los mismos eran de características muy bajas (1% de eficiencia), lo cual no era prometedor y tampoco llamativo por lo cual se detuvo la investigación real del tema. El segundo paso relevante en el desarrollo de la generación fotovoltaica no se dio hasta el año de 1957. En el fin de conquistar el Espacio la URSS y EEUU desarrollaron paneles fotovoltaicos para sus satélites pero aun así con características muy bajas, de 6 % de eficiencia. De cierta forma se llamó la atención a mejorar la tecnología pero no tenía el interés ya que la fabricación de los mismos tenía un costo muy elevado y su uso muy limitado.

Al terminar los 80's es cuando la industria por primera vez, pudo manufacturar paneles solares en cantidades industriales, la empresa fue norteamericana, ASEC (Applied Solar Energy Corporation), compuesto principalmente por arseniuro de galio. Las principales aplicaciones eran el de alimentar pequeñas cargas de corriente continua; y con ayuda de rectificador se ponía en funcionamiento pequeños cargas de corriente alterna. Desde el año 2000 en adelante es cuando la generación eléctrica mediante energías alternativas se masifica en los países desarrollados y luego en todo el mundo; permitiendo instalar paneles fotovoltaicos con la suficiente capacidad de generar electricidad para el uso en sus propios equipos, este desarrollo y el apoyo de los gobiernos hizo que la tecnología abarate sus costos y por consiguiente que esté al alcance relativo de toda la población.

Sin embargo el espacio físico que se requiere en función de la generación es considerablemente grande, la inversión inicial es alta y su mantenimiento es bajo para la generación de electricidad.

### **3.2.2. TIPOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA**

Los sistemas de Generación Fotovoltaico pueden funcionar aprovechando circunstancias del entorno, económicas y de seguridad de las siguientes maneras:

#### **3.2.2.1. Generación Aislada**

Este funcionamiento como su nombre lo indica se implementa en zonas muy aisladas, que llegar con una línea de transmisión o distribución a un número reducido de clientes no es económicamente viable, o que por circunstancias no tienen acceso a la red de distribución.

Se implementa los paneles fotovoltaicos, baterías, inversor o rectificador y cargador de baterías.

### **3.2.2.2. Funcionamiento Híbrido**

El funcionamiento híbrido es la administración de energía desde dos sistemas, en este caso la generación fotovoltaica y otra (eólica, motor de diésel, red de distribución, etc.), las cuales trabaja simultánea o sincronizada como respaldo una de la otra, ampliando la seguridad en el suministro de energía hacia cargas específicas.

### **3.2.2.3. Generación en Paralelo**

Es el funcionamiento en paralelo con la red de distribución pública o conocida como GD; con el sistema fotovoltaico, este funcionamiento se lo puede realizar de dos maneras de consumo inmediato y consumo planificado.

#### *3.2.2.3.1. Consumo Inmediato*

Se denomina así porque la electricidad generada de los paneles fotovoltaicos son inyectados a la red de distribución para su consumo inmediato, este sistema no requiere almacenar la energía indispensablemente; sin embargo tiene gran probabilidad de causar problemas en el sistema de distribución, por las variaciones de potencia inyectada desde el sistema fotovoltaico a la red pública.

#### *3.2.2.3.2. De consumo Planificado*

Está conectado en paralelo a la red pública, sin embargo solo inyectada potencia cuando la demanda lo requiere de forma planificada (tiempos de conexión y potencia constante).El sistema fotovoltaico requiere una inversión alta en equipos.

## **3.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO**

El sistema fotovoltaico, es el método o proceso en el cual se transforma la energía proveniente del sol, a través de su radiación global que chocan sobre dispositivos modulares compuestos en su mayoría con silicio, los cuales lo transforman en electricidad de señal

constante DC suministrando directamente la energía para aplicaciones o cargas DC, o caso contrario esta pasa a ser almacenada en dispositivos de almacenamiento de energía denominados baterías las cuales se cargan y descarga mediante un cargador de baterías, cuando la energía es requerida por el usuario o red pública, la energía pasa por un dispositivo electrónico que rectifica y regula la señal a tipo alterna AC, la cual es enviada hacia la carga que la requiere.

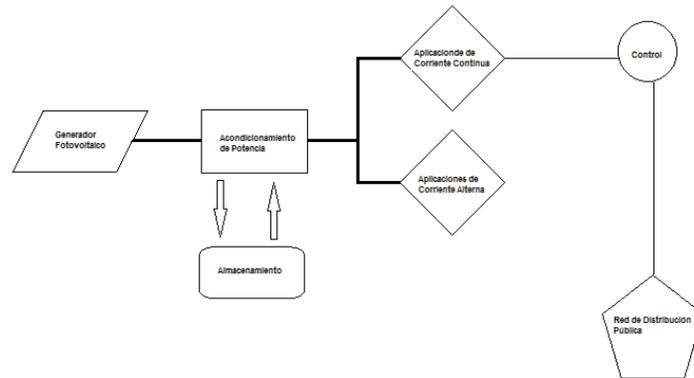


Figura 31: Diagrama de Bloques de un Sistema Fotovoltaico para Generación Distribuida

Como se muestra en la Figura 31, un sistema de generación fotovoltaico, está compuesto por 4 partes fundamentales: generador fotovoltaico, acondicionamiento de potencia, almacenamiento, aplicaciones.

Si a este sistema se lo quiere conectar con la Red de Distribución Pública se le añade un elemento de Control. Además es necesario realizar un cálculo horario, para determinar las horas de radiación efectiva y conexión con la red pública; el sol va cambiando de posición y la demanda eléctrica sube o baja en el transcurso del día, para que la entrega de energía sea efectiva.

### 3.2.4. GENERADOR FOTOVOLTAICO

El generador fotovoltaico, es un conjunto de dispositivos modulares que transforma la radiación solar que llega, choca o es captada sobre su superficie en electricidad de tipo continua, es decir la señal de corriente y voltaje tiene un valor fijo y permanece constante en el tiempo, el proceso es regulado por la propia eficiencia del generador y por las condiciones de operación.

Entre los parámetros importantes en los generadores o paneles fotovoltaicos esta: voltaje de circuito abierto, Corriente de cortocircuito, Potencia máxima, Voltaje y Corriente en potencia máxima, Temperatura nominal de operación del panel y la Configuración de los paneles fotovoltaicos (serie y paralelo).

### 3.2.4.1. Tipos de Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos se clasifican principalmente en por su estructura y fabricación en tres tipos:

#### 3.2.4.1.1. Paneles Monocristalinos

Están conformados por plancha de un solo cristal, se las fábrica a una temperatura de 1400°C, su proceso de fabricación es costoso, presenta mejor rendimiento por su pureza elevada y estructura cristalina casi perfecta.

#### 3.2.4.1.2. Paneles Policristalinos

Estos paneles son construidos por procesos de moldeado, lo que implica menores costos en la fabricación, limitando su eficiencia ya que la estructura cristalina presenta imperfecciones e impurezas. Presenta un menor peso que los paneles monocristalinos.

#### 3.2.4.1.3. Amorfos

Los paneles están compuestos por material no cristalino, lo cual disminuye drásticamente los costos de producción, por su estructura presenta gran flexibilidad lo que puede ser una gran ventaja, sin embargo la eficiencia es muy baja.

Analizando las características de los tipos de paneles:

<i>PANEL FOTOVOLTAICO</i>	Precio	Pureza Cristalina	Rendimiento
<b>MONOCRISTALINO</b>	Alto	Alto	Alto
<b>POLICRISTALINO</b>	Medio	Medio	Medio
<b>AMORFO</b>	Bajo	Bajo	Bajo

Figura 32: Cuadro Comparativo de los Paneles Fotovoltaicos

### 3.2.4.2. Principio de Funcionamiento

El funcionamiento del panel fotovoltaico o también conocido como célula solar, inicia cuando la radiación solar que incide sobre esta, generando una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de la radiación, el panel es una aplicación basada en las propiedades de los semiconductores, parecido a un diodo.

Los semiconductores son redes cristalinas, principalmente se utiliza el silicio cristalino, material base de la industria electrónica, es un semiconductor que se encuentra en abundancia en el planeta y es económicamente viable.

Para aplicaciones de mayor exigencia se utiliza el Arseniuro de Galio y el Germanio, estos elementos presentan mejores cualidades pero son escasos en la naturaleza.

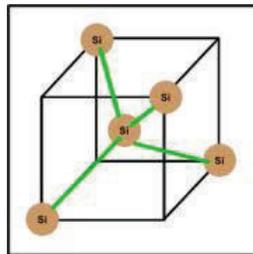


Figura 33: Red Cristalina de Silicio

Su funcionamiento se basa exponiendo el material semiconductor a la luz solar, la radiación solar a través de sus fotones extrae o arranca el electrón del átomo del material semiconductor, lo cual provoca un hueco que es llenado momentáneamente por otro electrón, excitando al átomo, lo cual produce que una secuencia de movimientos de electrones dentro del cristal. El flujo de energía se da por el movimiento de estos electrones, al desprenderse de la órbita o banda implicando una cantidad de energía, los cuales dependiendo de cada material tiene su propio valor y se denomina “energía de banda”. Para facilitar esta ruptura se ubica impurezas (boro y fósforo) controladas en la red cristalina.

La luz del Sol, interactúa con la red cristalina permitiendo que los electrones rompan el enlace, desarrollando que el electrón incremente su energía y se desplace libremente lo que se denomina “generación” y el proceso inverso lo denominan “recombinación”.

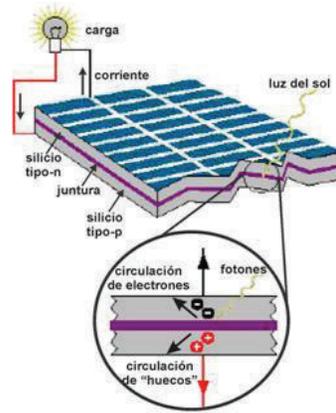


Figura 34: Movimiento de Electrones en el Panel Fotovoltaico

Los paneles o celdas fotovoltaicas para su funcionamiento deben estar conectados entre sí, el voltaje de la generación depende del número de celdas que se conecten en serie y la corriente del número de paneles en paralelo.

La evolución de la tecnología ha permitido mejorar la eficiencia en la conversión y abaratar sus costos de producción.

### 3.2.4.3. Curva de Operación

El comportamiento eléctrico de un módulo fotovoltaico, es la curva V-I (voltaje - corriente), esta curva viene determinado de una serie de parámetros, obtenidos a partir de las informaciones características de los paneles suministrados por el fabricante. Estas condiciones son: Potencia máxima, voltaje de circuito abierto y corriente de corto circuito que puede generar cada panel fotovoltaico.

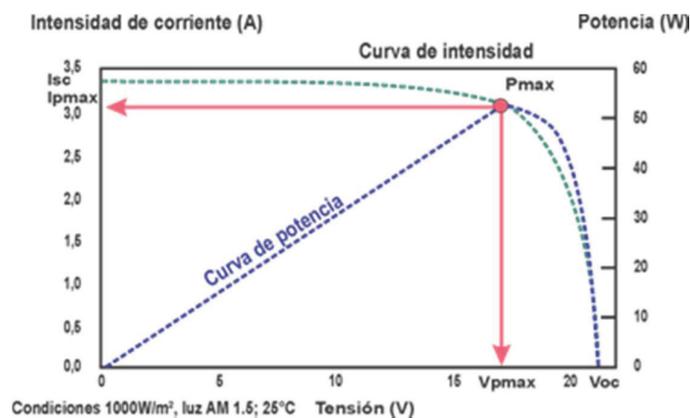


Figura 35: Curva Voltaje-Corriente

En la Figura 35: Curva Voltaje-Corriente, se muestra la curva V-I de un panel fotovoltaico, con una irradiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  y a una temperatura de  $25^\circ\text{C}$  (Panel NT1818EH de Sharp de  $57.2 \text{ Wp}$ ).

#### **3.2.4.4. Condiciones Inadecuadas de Operación.**

El que los paneles se encuentren trabajando en condiciones no adecuadas puede llegar a representar la disminución de entre el 20% y 30% de la capacidad instalada, tales efectos pueden vincularse a los factores: punto caliente, la radiación incidente y la temperatura de operación.

##### *3.2.4.4.1. Punto Caliente*

Se denomina como punto caliente, al fenómeno que por la sombra generada por obstáculo no instantáneo, algunos paneles reciben menos cantidad de radiación directa que el resto de paneles del mismo sistema de generación. Los paneles sombreados generan menor cantidad de corriente foto generada que el resto de paneles sin sombra, por lo que las ramas de paneles en serie que incluyen en las celdas sombreadas tiene limitaciones de corriente, puede darse el caso que algunos paneles se convierten en carga y disipen la energía producida por las demás.

##### *3.2.4.4.2. Radiación Incidente*

La irradiación incidente, está vinculado directamente con el ángulo de inclinación de los paneles; denominado ángulo de incidencia, lo cual permite que los rayos lleguen perpendicularmente al panel. Al estar mal calculado el ángulo de incidencia produce perdidas por reflexión y absorción, lo cual reduce la incidencia global o final.

El panel es un elemento estático y ubicado en la interperie, las suciedades están presentes en el ambiente, por lo que la acumulación de polvo o suciedad sobre la superficie del panel es inevitable, sin embargo este ángulo a la vez permite que esta suciedad se libere del área del panel, deslizándola instantáneamente o con la ayuda de la lluvia, un factor denominado “Factor de Suciedad” que reduce la eficiencia de los paneles.

#### 3.2.4.4.3. *Efecto de la Temperatura*

La temperatura de operación tiene un efecto cuando el panel fotovoltaico está trabajando en el punto de potencia máxima.

Estudios, determinaron que al existir un 27% de diferencia en la temperatura ambiente y la temperatura de operación, equivale al 5% de diferencia en términos de producción de energía [9], este valor es relevante si por alguna razón se desea gran precisión en la generación de energía.

#### 3.2.4.4.4. *Dispersión de Parámetros entre Módulos*

Este fenómeno se presenta en agrupaciones de módulos, los paneles aunque tengan la misma potencia nominal y físicamente parecidos, no son exactamente idénticos químicamente por lo que puede presentar variaciones de voltaje y corriente, los fabricantes garantizan una potencia real en un rango igual a  $\pm 3\%$  de los valores nominales.

### 3.2.5. **ACONDICIONADOR DE POTENCIA**

Es un dispositivo que rectifica la señal de DC a AC, carga las baterías y regula la potencia generada para que sea inyectada a la red o alimente cargas cumpliendo con parámetros eléctricos; este equipo es de carácter programable y electrónico (electrónica de potencia), que analiza parámetros como el seguimiento de máxima potencia de la generación fotovoltaica, la conexión o desconexión de la red en función de las condiciones de operación, la irradiación incidente, detección de pérdidas de aislamiento, nivel de energía en las baterías, entre otras; las cuales las relaciona para activar o desactivar funciones:

#### 3.2.5.1. **Cargador y Regulación de Almacenamiento de Energía en las Baterías**

Este control permite cargar de forma eficiente y prolongar la vida útil de las baterías. Se activa en función del requerimiento de energía para las aplicaciones y la generación de los paneles solares, envía lo requerido hacia la carga sea de carácter DC o AC y el resto lo utiliza para cargar la batería simultáneamente. En caso de que la generación de los paneles se detenga, comienza a enviar la energía almacenada en la batería con anterioridad hacia la carga esto hasta llegar a un punto de tolerancia de la batería, evitando que la misma quede

sin reserva, el consumir toda la energía almacenada de la batería establece condiciones graves de tiempo y cantidad de ciclos para volverla a utilizar, sin mencionar que degrada la vida útil de la misma. De igual manera en el caso de completar la carga de la batería, conduce todo el flujo de la generación hacia las aplicaciones si la requiere caso contrario deja de generar electricidad. El sobrecargar de energía la batería deteriora los terminales de conexión e incluso puede ocasionar que esta explote. La energía que controla es de tipo continua o DC, ya que es la que permite ser almacenada.

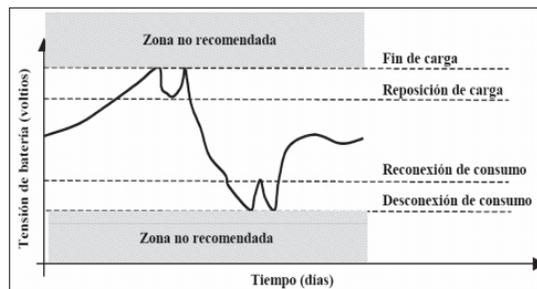


Figura 36: Variación de Voltaje en una Batería con Regulador de Carga

En la Figura 36, se establece las zonas no recomendadas, zonas de funcionamiento y niveles de voltaje referenciales donde se deben tomar acciones en el manejo de la energía almacenada.

### 3.2.5.2. Inversor de Señal DC/AC

La generación fotovoltaica tiene naturaleza continua, lo que permite una conexión directa para aplicaciones de corriente continua (baterías y sistemas de control).

Sin embargo casi la totalidad de equipos (electrodomésticos, motores, etc.), requieren de corriente alterna. Por lo que existe la necesidad de convertirla o rectificarla, es decir recibe la energía DC de la batería o de la generación fotovoltaica ingresa a ser rectificada y filtrada mediante métodos y elementos electrónicos de potencia, saliendo energía en AC con los niveles de voltaje y frecuencia requeridos para que sea consumido.

Este cambio de señal genera pérdidas en la energía, por dos aspectos: el consumo de los elementos internos y la eficiencia de conversión. Al rectificar la señal de DC a AC se genera un contenido armónico que se la puede reducir mediante filtros. La señal rectificada AC, debe tener valores de frecuencia, nivel de voltaje normalizados para su uso.

La fiabilidad de la GD está vinculada con el rectificador, ya que debe soportar sin daño la ocurrencia de fenómenos peligrosos como operar en situaciones de cortocircuitos, circuito abierto, sobretensiones, variaciones de voltaje y frecuencia de la red, etc. tanto en el lado de la generación como en el de la red de distribución ya que es el puente que une los dos perfiles de energía.

### **3.2.5.3. Regulación de Potencia**

Esta función es fundamental cuando la generación fotovoltaica tiene la aprobación para conectarse a la red de distribución, ya que es el que controla y direcciona los flujos de energía que salen o ingresan del sistema de micro generación.

Es el dispositivo de control, que actúa después que el bloque de rectificar de la señal, cuando entrega energía a la red de distribución, establece y sincroniza las condiciones de frecuencia, voltaje y secuencia de fases para que coincidan con los del sistema de distribución; mediante los elementos de corte y seccionamiento cierran y abren el circuito que mediante una programación establecida y controlada, dispone el tiempo en que se realice la conexión y desconexión entre la generación con la red de distribución.

Para que la generación pueda ser inyectada a Red, la señal AC debe cumplir requisitos o condiciones como:

#### *3.2.5.3.1. Forma de Onda*

Al unir dos flujos de energía eléctrica (GD y Red Pública), se deben considerar aspectos importantes en la forma de onda, como la frecuencia, sincronismo y secuencia de fases. El que las ondas tengan características similares permitirá que se puedan sumar con facilidad. La frecuencia eléctrica debe estar en valores nominales, 60 Hz en nuestro medio, esto para que la onda tenga el mismo periodo. El sincronismo de las señales en el punto que pase por cero permitirá que el cambio de magnitud sea mucho más suave evitando perturbaciones en la forma de onda de la señal. En el caso de ser un sistema de trifásico, las fases de la generación y la red deben estar en secuencia, para que el espectro fasorial gire en el mismo sentido.

#### 3.2.5.3.2. *Voltaje*

El voltaje de la generación distribuida y el de la red deben ser de igual magnitud, con la finalidad que los equipos conectados a la red, en su mayoría, no sufra disminución o fluctuaciones de voltaje, perjudicando el funcionamiento y rendimiento.

#### 3.2.5.3.3. *Potencia*

El sistema fotovoltaico o cualquier otro sistema de generación distribuida deben cumplir con la entrega de potencia constante en magnitud y tiempo. Esto para garantizar que el sistema de distribución no tenga problemas con el control de “Potencia-Frecuencia”, si disminuye la entrega de energía a la red, la frecuencia del sistema se acelera, producto de la demanda que no es abastecida, lo que provoca que el resto de la generación pierda sincronismo y sufra un apagón el sistema.

El no cumplir con estos aspectos produce que la onda resultante sufra alteraciones y es interpretado por los dispositivos de protección como una falla, lo cual produce una desconexión del alimentador como medio de autoprotección, dificultando el suministro normal y continuo de energía causando problemas a los usuarios finales en vez de beneficios.

### **3.2.6. ALMACENAMIENTO**

A la electricidad se la cataloga como una energía secundaria, por ser el resultado de la transformación de otra energía o fuente primaria. Su almacenamiento no es nada fácil e involucra condiciones como peso, costo, baja productividad y en algunos casos peligrosidad; y el hecho que la electricidad solo puede ser almacenada en señal constante o DC.

La batería o acumulador eléctrico, es un dispositivo en el cual se logra almacenar electricidad usando procedimientos electroquímicos y luego en un proceso inverso se devuelve la energía para que sea utilizada, el ciclo de carga y descarga puede repetirse un determinado número de veces con un rendimiento aceptable, al agrupar baterías sea en serie o paralelo determinada la capacidad del banco de baterías, la variedad de baterías es amplia, y se la selecciona en función de parámetros técnicos, económicos y ambientales.

### **3.2.6.1. Batería de Plomo-Acido Sumergidas (FLA)**

Es una batería de tipo húmeda y de característica muy confiable, su vida útil real es de 3/4 de la garantía que indican los fabricantes; sus elementos son muy grandes y pesados, lo cual dificulta la ubicación y movilidad. Su mantenimiento debe ser estricto por lo que debe ubicárselas con buena ventilación y refrigeración.

La falla más común, es que se abra una de las celdas, lo cual deja inhabilitada las baterías, pero para que se suceda tiene que ser golpeada fuertemente.

### **3.2.6.2. Batería de Plomo-Acido Sellada (SLA)**

Estas baterías también se las conoce como de libre de mantenimiento, son utilizadas para aplicaciones pequeñas, aunque su vida útil según el fabricante es de 10 años, al quinto año su funcionamiento empieza a decaer. Son baratas, pesan y ocupan la mitad que las baterías FLA.

Estas baterías son selladas, y no es posible agregarles agua; durante la electrólisis de carga y descarga, el hidrogeno es generado, atrapado y recombinado con el oxígeno para formar el agua necesaria, sin embargo estos gases escapan con el uso.

A este tipo de baterías son las que mayor evolución han tenido, como las baterías denominadas AGM y VRLA, que están basadas en mismo principio de funcionamiento.

### **3.2.6.3. Baterías de Níquel Cadmio (NiCad)**

Estas baterías son mucho más caras que las baterías anteriores, realizan un mejor trabajo en el almacenamiento de la energía, ciclos, temperatura, densidad de carga, productividad y confiabilidad.

El inconveniente es que presenta problemas ambientales y peligrosos por la presencia de Cadmio.

### **3.2.6.4. Baterías de Níquel e Hidruro Metálico (NiMH)**

Estas baterías son mucho más costosas que las SLA, soportan cientos de miles de ciclos de carga y descarga sin impactar la vida útil y es la utilizada en los vehículos eléctricos, puede

trabajar hasta 40°C y almacenar hasta 30% adicional de energía que una batería de NiCad equivalente.

### 3.2.6.5. Batería de Ión de Litio (Li-Ion)

Estas baterías puede trabajar altos ciclos de carga-descarga y su mantenimiento casi no es necesario, su vida útil esta entre la mitad y la cuarta parte de las baterías de NiMH, a pesar que su costo es muy similar. En cuanto a su tamaño ocupan la mitad de SLA. El litio al estar en el aire se vuelve inestable lo que cabe la posibilidad de explotar, pero se lo ha superado con la tecnología, estas baterías son muy utilizadas en computadoras, teléfonos celulares y vehículos eléctricos.

Para caracterizar de mejor manera los detalles de los diferentes tipos de baterías y poderlas valorar se determinó el siguiente cuadro.

BATERIA	CARACTERISTICAS						
	Energía (Wh/kg)	Densidad (Wh/l)	Precio	Seguridad	Vida Útil (años)	Mantenimiento	Confiabilidad
PLOMO-ACIDO SUMERGIBLE	Baja	Baja	Alto	Baja	15	Alto	Alta
PLOMO-ACIDO SELLADA	Baja	Baja	Medio	Baja	5	Ninguno	Media
NIQUEL CADMIO	Medio	Media	Bajo	Alta	20	Medio	Media
NIQUEL E HIDRURO MATÁLICO	Alta	Alta	Medio	Alta	10	Medio	Muy Alta
IÓN DE LITIO	Muy alta	Muy Alta	Alto	Baja	5	Ninguno	Muy Alta

Figura 37: Tabla Comparativa de Baterías

En las baterías el deterioro de la vida útil, está muy vinculado con el hecho de carga y descarga de la energía en las baterías. Este hecho es muy importante para la selección adecuada ya que se considera los periodos en que la energía almacenada es entregada a la carga como C20 y C100.

### 3.2.6.6. Ciclo Estacional

Estas baterías almacenan la energía en un determinado periodo, y permanece almacenada por un tiempo indefinido, no tiene una planificación de cuando entregar la energía, generalmente es entregada para su consumo en caso de emergencia.

El tiempo de carga es proporcional al “tiempo de autonomía”; tiempo por el que puede entregar la energía hasta que inicie el periodo de carga de la misma. El parámetro para definir la capacidad de la batería es el Amperio-Hora.

### **3.2.6.7. Ciclado Diario**

Son baterías generalmente más pequeñas, que se cargan durante el transcurso del día y su energía almacenada es utilizada por la noche, su autonomía es de 12 horas, se caracterizan por que su uso es planificado y mucho más constante que las de ciclo estacional. En nuestro caso, este serían las más adecuadas.

## **3.2.7. APLICACIONES**

Las aplicaciones se refieren al uso que se le da a la energía generada por el sistema fotovoltaico; es de tipo continua o conocida como DC, y mediante un rectificador en el acondicionador de potencia la señal se cambia a tipo alterna o AC.

### **3.2.7.1. Aplicaciones en AC**

El 95% del consumo de electricidad se lo realiza en energía eléctrica alterna, este tipo de energía permite que sea más fácil generar, controlar, transportarla con valores razonables de inversión, mantenimiento y pérdidas de la misma, lo que permitió que la electricidad pueda llegar a cada persona que la necesitara a un precio razonable. Los fabricantes industriales tomaron como referencia este tipo de señal, sobre todo los valores nominales de frecuencia, voltaje y secuencia de fases que permite el funcionamiento adecuado de los aparatos eléctricos, máquinas o motores permitiendo el desarrollo de las actividades sociales y económicas.

Se establecieron normas, acuerdo y reglamentos para establecer los valores más adecuados que facilitaran condiciones de diseño, construcción y mantenimiento de sistemas eléctricos y sus dispositivos, en función del aprovechamiento de recurso, del entorno e imposición de mercado.

Para la frecuencia se establecieron valores de 60Hz y 50Hz. En el caso de los voltajes los valores fueron muy diversos en las diferentes etapas del sistema, sin embargo para los usuarios finales se estableció los voltajes de 100 V -127 V y 220 V – 240 V.

Los cuales se unieron y combinando los valores de voltaje y frecuencia, determinando cada zona que parámetros convenía para su desarrollo.

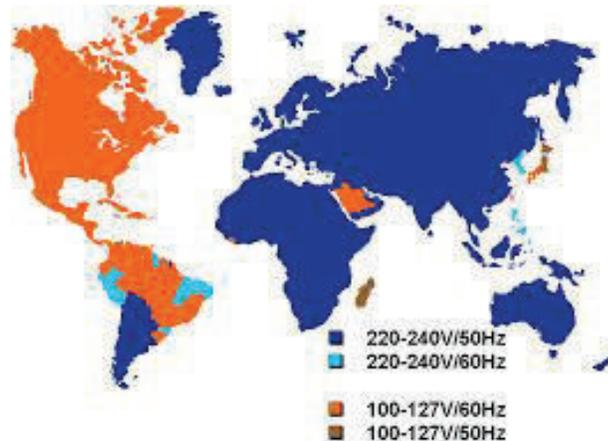


Figura 38: Mapa Eléctrico de Voltajes y Frecuencias Nominales.

Como se puede visualizar en la Figura 38, estable las regiones que utilizan una frecuencia y voltaje. En el caso de nuestro país se utiliza la frecuencia de 60 Hz y un voltaje entre 100-127 V.

### 3.2.7.2. Aplicaciones en DC

Este tipo de energía es muy poco generada, y por lo tanto sus aplicaciones son limitadas, solo se los usa en los sistemas de control, información y procesos.

Muchas de las veces son utilizadas como respaldo, por su capacidad de almacenamiento en condensadores y baterías; ya que al suspenderse el suministro de energía alterna, se debe mantener el control, seguridad y estado de las los procesos.

Hoy en día la aplicación de la electrónica ha permitido que el uso de corriente continua se más usual en los aparatos electrónicos, con voltajes nominales en este tipo de señal son: 24 V, 12 V, 9 V, 4,5V, 3V, 1,5 V.

### 3.2.8. CONTROL

Esta parte del control se implementa específicamente cuando la generación alternativa pasa a conectarse y compartir energía con la empresa de distribución de electricidad.

Este bloque tiene como función la conexión, desconexión y medición del flujo de energía para lo cual presenta un medidor o registro de flujos de energía:

El medidor o contador de energía, es el dispositivo que va a registrar los flujos que salen y entran del sistema fotovoltaico; estos flujos de corriente salen de los parámetros cotidianos, puesto que en el sistema de distribución actual el flujo de energía es unidireccional.

Otra manera de registrar las cantidades de energía si no se tiene a disposición el medidor bidireccional, es la ubicación de dos medidores normales, uno para registrar la generación fotovoltaica y el otro registra la energía que consume desde la red de distribución.

Adicional se debe disponer de una medición de respaldo, en caso de que la medición principal falle. Como se muestra en la Figura 39.



Figura 39: Fotografía de Medidores Para Medición Bidireccional

Esta medición de energía sirve para tener un registro de la energía que es inyectada a la red, y posterior cobro de la energía suministrada, hay que mencionar que el vender electricidad generada a través de una fuente limpia, tiene un valor preferencial en el mercado eléctrico.

### 3.3. BALANCE ENERGÉTICO

La implementación de la generación fotovoltaica, implica nuevas características para la carga inmediata, aún más si va a conectar y compartir la generación de los paneles con la

red de distribución, por lo que se debe considerar también el entorno y otros aspectos para que sobresalgan los beneficios y no los inconvenientes.

### 3.3.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética tiene un alcance muy relevante, aunque se la puede considerar un inversión inicial considerable, la recuperación de la misma es garantizada; en un sistema de GD la implementación de eficiencia energía en las cargas internas o de suministro directo, en este caso de los reflectores, permite que la demanda de energía disminuya y aumenta la energía disponible para la red.

Se procura que mediante la entrega de la energía la demanda permanezca constante, a pesar que en el diseño se deja cierto porcentaje para el caso donde la demanda aumente. Los sistemas fotovoltaicos son modulares, y son fácilmente expandibles bajo condiciones de espacio físico, obstáculos permanentes que generan sombra, el peso de los paneles, etc.

El uso de alternativas en los equipos instalados, como cambiar lámparas de halógeno por lámparas led, tienen sentido desde el ahorro y eficiencia energética, sin disminuir el resultados final, ya que las lámparas led consumen muchísimo menos potencia y su vida útil es mucho más larga que las lámparas halógenas.

Valores en lúmenes (lm)	CONSUMO APROXIMADO EN WATTS (W) SEGÚN EL TIPO DE LÁMPARA			
	LEDs	Incandescentes	Halógenas	CFL y fluorescentes
50 / 80	1,3	10	---	---
110 / 220	3,5	15	10	5
250 / 440	5	25	20	7
550 / 650	9	40	35	9
650 / 800	11	60	50	11
800 / 1500	15	75	70	18
1600 / 1800	18	100	100	20
2500 / 2600	25	150	150	30
2600 / 2800	30	200	200	40

Figura 40: Cuadro Comparativo de Tecnología de Iluminación vs el Consumo de Potencia

Como se visualiza en la Figura 40, el consumo de potencia es mucho menor con respecto a los sistemas de iluminación incandescente, halógena y fluorescente, generando la misma cantidad de lúmenes.

La iluminación led, permite mayor impacto visual, por su gran variedad de colores, aunque su costo es elevado, la inversión es recuperable ya que tiene una vida útil es aproximadamente 5 veces más que el resto de lámparas.

El uso de la generación fotovoltaica y tecnología led, van de la mano ya que es generada y funciona con señal DC o corriente continua respectivamente, lo que permite que el consumo sea directo, incluso en el aspecto económico permitiría un ahorro en sistema de conversión o inversor DC / AC.

### **3.3.2. IMPACTO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

El sistema o red de distribución, tiene como finalidad suministrar la electricidad como un producto comercial, en las mejores condiciones técnicas y económicas. El uso de la generación distribuida con responsabilidad y criterios adecuados cambia aspectos técnicos-económicos que beneficia y mejoran el sistema de distribución.

#### **3.3.2.1. Continuidad de Servicio**

La GD en las redes de medio y bajo voltaje, mejora la continuidad de servicio y tiempo de reposición del mismo, sin embargo cuando los cortes son planificados para mantenimientos o reparaciones deben ser tomados en cuenta para evitar los retornos de energía, lo cual podría provocar lamentables accidentes.

#### **3.3.2.2. Perfiles de Demanda**

La demanda eléctrica no es fija, por lo que en el transcurso de las horas sufre alteraciones (aumentos y disminuciones) por diversas actividades de los usuarios; los aumentos de demanda pueden ser sustentados de forma local por la GD, evitando que se ponga en funcionamiento por pequeños periodos a grandes centrales de generación que involucra costos excesivos en la operación.

### 3.3.2.3. Pérdidas de Energía

Al descentralizar la generación, se evita que grandes cantidades de energía circulen extensos recorridos, lo cual reduce pérdidas técnicas en el transporte.

Hay que considerar que la instalación y uso de GD en la red de distribución, cambia la topología y estructura de la red, lo cual muchas veces favorece cuando la GD se la puede ubicar donde deseemos y no está sujeta a restricciones.

Puede darse el caso que una generación alternativa no puede ser vinculada con la red de distribución por no presentar las condiciones de operación, cambios extremos de topografías y por consecuente la necesidad de inversiones altas en la red pública; lo que la energía generada queda para uso interno de su propietario.

También el exceso de penetración de la GD puede provocar incremento de las pérdidas técnicas o problemas de operatividad en el sistema por el exceso de energía que circula en la red.

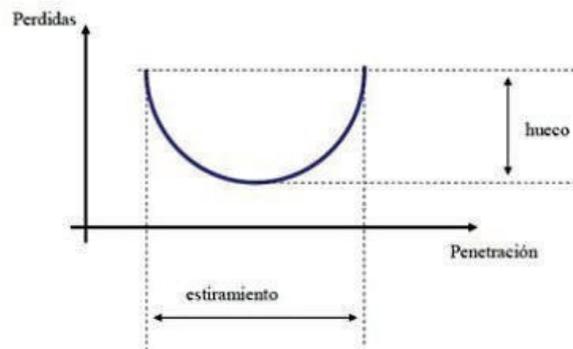


Figura 41: Curva Perdidas No Técnicas vs Instalación de la Generación Distribuida [9]

Como se puede visualizar en la Figura 41, la disminución de pérdidas tiene un tope límite, el en cual al seguir conectando más puntos de generación alternativas al sistema de distribución llega a saturarse lo cual hace que las pérdidas técnica empiecen a subir nuevamente, siendo perjudicial para el sistema.

### 3.3.2.4. Inversiones en el Sistema de Distribución

El incremento permanente de la demanda, hace que las inversiones en el sistema de distribución sean permanentes y altas, la implementación de la GD, ha permitido que las inversiones se aplacen y pasen a ser tomado como una necesidad no tan inmediata y en el

mejor de los casos ya no sean necesarias. Lo cual permite que ese capital sea direccionado a otras actividades.

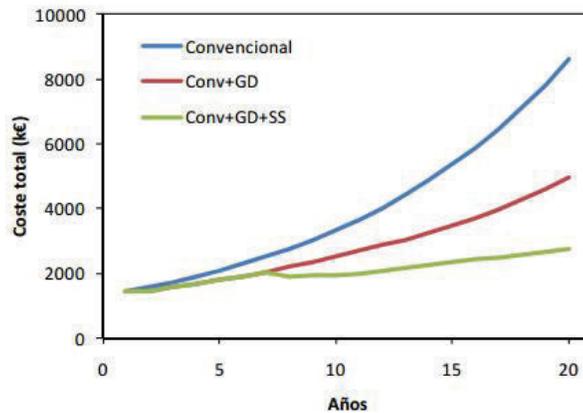


Figura 42: Inversiones en el Sistema de Distribución en España [9]

La Figura 42, es una gráfica de los costos de inversión en el sistema distribución español, que es un referente del uso de energías alternativas y generación distribuida.

Como se puede visualizar la curva 1 (Convencional), el seguir con el sistema de distribución convencional y centralizada, se tiene que hacer inversión anuales y de gran capital desde un inicio.

La curva 2 (Conv + GD), los sistemas de distribución que tiene implementado el sistemas de generación distribuida sin baterías presenta una curva de menor pendiente, en un intervalo de 20 años, que es lo que generalmente tiene vida útil los proyectos fotovoltaicos, la primera inversión se pueda se presentar antes de los 10 primeros años y la inversión total llega a ser la mitad en comparación con la curva 1.

La curva 3 (Conv + GD + SS), estos son sistemas que tiene GD con baterías, sus inversiones son similares con la curva dos hasta antes del año 8, desde el cual requiere menos inversión, para operación y mantenimiento, llegan a requerir menos del 33% de las inversiones de la curva 1.

### 3.3.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las instalaciones eléctricas deben ser dimensionadas adecuadamente, para que permita un desempeño óptimo en el flujo de energía hacia la carga.

Sin embargo el parámetro más crítico son las caídas de voltaje en cables, equipos electrónicos y equipo de maniobra, las cuales hacen que la capacidad efectiva de la carga del generador disminuya frecuentemente. Cualquier caída de voltaje excesiva en el circuito de la carga, también puede afectar negativamente a su funcionamiento.

Como recomendación se ha establecido que la caída de voltaje entre la batería y la carga no supere el 4%, para precautelar la vida útil y funcionamiento de la misma.

#### **3.3.4. LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y EL MEDIO AMBIENTE**

Al finalizar la década de los 90's el sector energético emitía una cuarta parte de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, en la generación de electricidad mediante centrales térmicas. Aunque la generación de tipo hidráulica o nuclear no emite gases de efecto invernadero, son causantes de otro tipo de degradación medioambiental e incluso estas últimas son muy peligrosas para la población si existe algún tipo de fuga de elementos radiactivos.

La electricidad generada a partir de sistemas fotovoltaicos es una tecnología que protege el medio ambiente, ya que no emite ningún tipo de residuo de gas contaminante, de efecto invernadero o residuos sólidos durante su funcionamiento, lo que lo hace sustentable con el medio ambiente.

## **4. DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GENERADORES EN VALLAS PUBLICITARIAS Y DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNA.**

En el capítulo anterior, se determinó que la fuente de energía más adecuada para ser implementada es la energía solar, implementado un sistema de generación fotovoltaica en cada punto.

Como en todo proyecto el financiamiento, tiempo de construcción, recuperación de la inversión y la generación de utilidades son ejes fundamentales. El diseño se encuentra en la parte de la construcción, por lo que debe ser definida, en forma consecuente permitiendo una construcción rápida.

### **4.1. FUNCIONAMIENTO**

Para establecer e iniciar el diseño del sistema de generación fotovoltaica, se debe establecer las distintas circunstancias y casos de operación de cada elemento.

Entre los aspectos a considerar es la cantidad de electricidad generada en los paneles, los cuales van a permitir una alimentación a cargas o aplicaciones internas en AC y DC en caso de haberlas, el sobrante va a ser comercializado a la red de distribución.

El consumo de energía de las cargas internas (reflectores), se debe caracterizar por el intervalo de generación para cargar las baterías durante el día, y de la misma manera la descarga o autonomía de las baterías para enviar la energía a las cargas durante su funcionamiento.

Los parámetros de voltaje, corriente y energía requeridos en señal DC y AC, los cuales deben ser considerados para el dimensionamiento y/o compra del inversor.

La cantidad de potencia que se va a entregar a la red de distribución, lo determina la empresa de distribución contemplando que sea fija por un determinado tiempo, siendo este un periodo o periodos en el transcurso del día, semanal, mensual o anual.

En la operación se debe considerar los valores extremos o en donde se pueden presentar condiciones críticas de operación.

## **4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS**

Para la caracterización de los equipos que van a ser instalados en el sistema de generación fotovoltaico se debe establecer la potencia pico del sistema de generación, a no ser que este limitado por algún elemento ya adquiridos como los paneles o células fotovoltaicas, área de implementación, rectificador que son los elementos costosos de este tipo de generación.

De acuerdo como se vaya determinando los datos o parámetros de los elementos, se va determinado la cantidad de unidades, valores de tolerancia, valores nominales, etc.

Determinar la potencia del parque fotovoltaico, es una interrelaciona aspectos económicos, físicos, políticos y energéticos. Pero en el diseño y construcción se usa el término “equipo crítico”, se debe a que por su costo, tiempo de fabricación, importación, y valores nominales son considerados la columna vertebral del sistema de generación estos son los paneles fotovoltaicos, el rectificador-cargador-regulador y las baterías.

El especificar las características de forma errónea, puede significar pérdida de tiempo, capital e implementarlos sin las precauciones puede ocasionar que el sistema no funcione o en el peor de los casos que funcione por un tiempo corto pero causando daños a equipos que se encuentren en sus alrededores de forma parcial o total. Principalmente fallas en el sistema de distribución.

## **4.3. ESQUEMA Y DISEÑO DE CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

### **4.3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO.**

En esta sección se establece los datos de partida del proyecto, las características del lugar donde se va a ubicar la generación fotovoltaica como área, entorno, obstáculos que pueden crear sombra afectando la captación de radiación solar y por consecuente disminuyendo la potencia del parque fotovoltaico.

Este conocimiento previo, nos permite recolectar los datos de área, nos proyecta las condiciones climáticas a las que van a estar expuesto los equipos, y proponer cambios o modificaciones (retirar vegetación, nivelar suelo, etc.). En esta misma etapa, se ubica

equipos para medir la radiación solar en caso de no existir registros o valores estadísticos cuantitativos que pronostique que sean condiciones permanentes para que el proyecto sea viable por un determinado tiempo.

El caso de ya existir registros de irradiación se debe determinar el valor de HSP; detallado en el literal 3.1.2.4.3, con lo cual se conforma los datos de partida para el diseño del parque fotovoltaico.

## 4.3.2. DETERMINACIÓN DE CÁLCULOS

### 4.3.2.1. Estimación de la Energía a Generar

Para solventar la producción de energía que tiene que suministrar el sistema fotovoltaico, es conveniente analizar la demanda energética de sus clientes, para lo cual se desarrolla en dos escenarios:

#### 4.3.2.1.1. *Potencia y Energía de Cargas Internas o Directas*

En el caso de tener cargas internas en DC o AC se determina la carga diaria o energía que requieren en el transcurso del día; con la  $C_d = P * n * t$  (1, se determina el consumo diario de las cargas.

$$C_d = P * n * t \quad [10] \quad (1)$$

Siendo:

$C_d$ : Consumo diario

$P$ : Potencia nominal del equipo

$n$ : Números de equipos

$t$ : Número de horas de funcionamiento en el día

Para diferenciar entre cargas de diferente señal, se le agrega a su subíndice las iniciales de AC o DC, correspondientes al tipo de señal.

#### 4.3.2.1.2. *Potencia Entregada a la Red de Distribución Pública*

Para que se pueda comercializar energía a la red de distribución, la misma empresa de distribución realiza un estudio para determinar si es factible que una generación alternativa

se conecta o no al sistema de distribución, en caso de ser la respuesta favorable determina el periodo, horario y cantidad que puede ser comercializada.

La energía comercializada o vendida está sujeta a acuerdos, pero si se debe considerar que la venta debe ser en cantidades constantes y en un horario determinado, convirtiéndose en una obligación y no cumplirlo lleva a altas multas o penalizaciones. Por lo que la energía en venta puede ser un porcentaje mayor a lo que la empresa requiera en los alrededores de ese punto.

La cantidad de energía acordada o negociada se le multiplica por el factor de 110%, este excedente en la generación tiene como objetivo dar un respaldo al sistema de generación y permitir un control efectivo entre la potencia y frecuencia de la energía entregada

$$E_{RED} = E_V * 1.10 \quad (2)$$

Siendo:

$E_{RED}$  : Energía diaria destinada para la red de distribución.

$E_V$  : Energía diaria vendida a la red de distribución

Analizado los escenarios, interno y externo, se determina la cantidad de energía diaria que tiene que generar el sistema fotovoltaico.

$$E_t = E_{RED} + \sum C_d \quad (3)$$

Siendo:

$E_t$  : Energía total requerida diaria

$E_{RED}$  : Energía diaria destinada para la red de distribución.

$C_d$ : Consumo diario

Este valor E, sería exactamente el necesario si el sistema fuera ideal, pero existe factores de pérdidas de energía propias por los equipos, cables y los mismo paneles fotovoltaicos. Por lo que se debe determinar el rendimiento global del sistema y luego el valor real de energía

Este valor de rendimiento global, está determinado por parámetros característicos de los electroquímicos de las baterías, aspectos complementarios de pérdidas y el diseño de autonomía o reserva de la batería, para determinar su valor se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = (1 - k_b - k_c - k_v) \left(1 - \frac{k_a * N}{P_{db}}\right) [10] \quad (4)$$

Siendo:

$R_g$ : Rendimiento Global

$k_b$ : Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento de la batería, se establece en base a la Figura 43

Coeficiente Perdidas del Bateria	<i>Descarga Profunda</i>	<i>Descarga Difusa</i>
	0.1	0.05

Figura 43: Valores del Coeficiente de Baterías [10]

$k_c$ : Coeficiente de pérdidas del inversor lo cual se puede determinar con la ayuda de la Figura 44.

Coeficiente Perdida del Inversor	<i>Optimo</i>	<i>No Optimo</i>
	0.005	0.1

Figura 44: Valores de Coeficientes de Pérdidas del Inversor [10]

$k_v$ : Coeficiente de pérdidas varias; este valor tiene un intervalo entre  $0.05 < k_v < 0.15$

$k_a$ : Coeficiente de auto-descarga diaria, este valor depende del tipo de batería, Figura 45

Coeficiente Autodescarga Diaria	<i>Ni Cd</i>	<i>Plomo Acido</i>	<i>SLI</i>
	0.002	0.005	0.012

Figura 45: Coeficiente de Auto descarga Diaria [10]

$N$ :Dias de autonomia

$P_{db}$ : Profundidad de descarga, no debe exceder al 80% de la capacidad de la batería

Determinado el rendimiento global, su valor es reemplazado el siguiente (5):

$$E = \frac{E_t}{R_g} [10] \quad (5)$$

Siendo:

$E$ : Energía real

$E_t$  : Energía total requerida diaria

$R_g$ : Rendimiento global

#### 4.3.2.2. Paneles Fotovoltaicos

Los paneles o celdas fotovoltaicas son el elemento más representativo de los sistemas de generación fotovoltaicos, para la selección de los mismo se ha considera los siguientes aspectos y relaciones.

- Relación precio del panel con la potencia pico; mientras mayor sea la potencia pico de los paneles, se requeriría menor número de paneles para llegar a la potencia nominal de parque fotovoltaico.
- Relación potencia pico con probabilidad de falla; esta relación contrasta la primera relación, ya que en caso de suceder una avería o falla en el panel, provoca que una disminución en la producción de energía. Al ser un sistema de un número reducido de paneles y cada uno de estos de gran potencia pico, la falla de un panel significaría una disminución alta en la cantidad de electricidad generada.
- Relación radiación con tipo de panel (cristal); esta relaciona el ángulo de inclinación ( $\Theta$ ) y el tipo de panel, pureza del cristal, tiene como finalidad un equilibrio entre eficiencia, peso e inversión.

Siguiendo con el desarrollo matemático y considerando los puntos antes tratados seleccionamos el panel fotovoltaico, que como principal característica eléctrica tiene la potencia pico, y con la siguiente ecuación se determinara el número de paneles fotovoltaicos.

$$N^{\circ}_{paneles} = \frac{E}{n_p * P_{pp} * H} [10] \quad (6)$$

Siendo:

$N^{\circ}_{paneles}$  :Número de paneles

$E$  = Energía real

$n_p$ : Rendimiento medio del panel fotovoltaico

$P_{pp}$  : Potencia pico de cada panel fotovoltaico

$H$ : Irradiación solar diaria (HSP)

Los paneles deben tener una configuración conectados en serie y paralelo para generar el voltaje y corriente, lo cual se determina con las características del inversor y de los paneles.

$$N^{\circ} \text{ paneles en serie} = \frac{V_{mppi}}{V_{mppp}} \quad (7)$$

$$N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = \frac{I_{mppi}}{I_{mppp}} \quad (8)$$

Siendo:

$V_{mppi}$  : Voltaje en el punto de trabajo máximo potencia del inversor (puede tener 2 valores, depende del fabricante)

$V_{mppp}$  : Voltaje en el punto de trabajo de máxima potencia del panel

$I_{mppi}$  : Corriente continua máxima admisible en el inversor

$I_{mppp}$  : Intensidad en el punto de trabajo de máxima potencia del panel

#### 4.3.2.3. Rectificador-Regulador-Cargador

Este dispositivo permite una mayor efectividad y sincronismo cuando está conformado en conjunto, si a cada función se le asigna un dispositivo la probabilidad de falla puede ser alta, además que una confusión en la instalación, puede causar problemas serios en el funcionamiento del mismo.

Lo que se debe considerar para seleccionar el dispositivo es la potencia máxima y las condiciones extremas de voltaje y corriente en la entrada DC del equipo, para lo cual se debe determinar la potencia pico de la generación fotovoltaica.

$$P_p = N^{\circ}_{\text{paneles}} * P_{pp} \quad (9)$$

Siendo:

$P_p$  :Potencia pico del parque fotovoltaico

$N^{\circ}_{\text{paneles}}$  : Número de paneles

$P_{pp}$  : Potencia pico de cada panel fotovoltaico

Determinado la potencia máxima, el inversor debe estar en la capacidad de manejarla para lo cual se especifica la potencia de salida del inversor, y se determina el número de inversores.

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{P_p}{P_{io}} \quad (10)$$

Siendo:

$P_p$  : Potencia pico del parque fotovoltaico

$P_{io}$  : Potencia de salida del inversor

#### 4.3.2.4. Ángulo de la Inclinación

Los rayos del sol caen en la superficie terrestre con una inclinación respecto a la superficie terrestre formando un ángulo, este ángulo depende del punto en el planeta donde se encuentre el proyecto y puede que sea variable de acuerdo a la temporada del año, en función de los movimientos de rotación y translación del planeta.

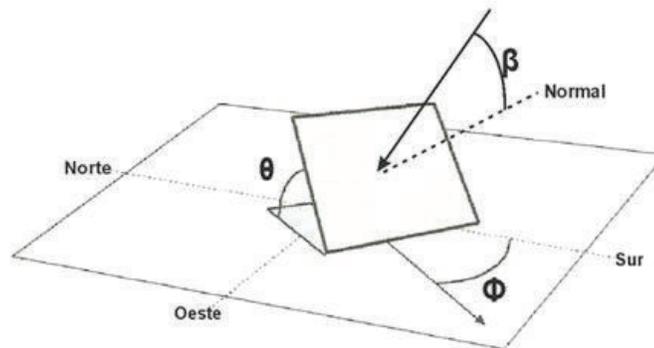


Figura 46: Ángulo de Inclinación Solar

En la Figura 46 se especifica los siguientes ángulos:

$\beta$ : es el ángulo de inclinación de los rayos solares, presenta la mayor radiación directa.

$\theta$ : es el ángulo de inclinación del panel fotovoltaico, donde es posible captar la mayor irradiación global.

$\Phi$ : este ángulo se lo denomina de orientación, y generalmente se lo ubica hacia la línea Ecuatorial.

Estos tres ángulos están muy relacionados para que el aprovechamiento de la radiación sea lo más eficientemente posible en cada panel fotovoltaico y por ende en conjunto.

#### 4.3.2.4.1. Graduación de Inclinación de los Paneles

La ubicación de los paneles es esencial, para optimizar el espacio físico y evitar que se generen sombra entre los mismos, por lo que se considera los valores de  $\beta$ , siendo el ángulo crítico el de mayor valor, esto a que en transcurso del año puede variar su ángulo en función de la época del año, como se muestra en la Figura 47 se determina la distancia entre paneles con la (11)

Lo óptimo es que los paneles cambien su ángulo de inclinación consecuentemente con el movimiento del sol, sin embargo instalar soportes mecánicos que sigan la radiación solar tiene un costo muy elevado, lo cual disminuye las probabilidades que tenga financiamiento.

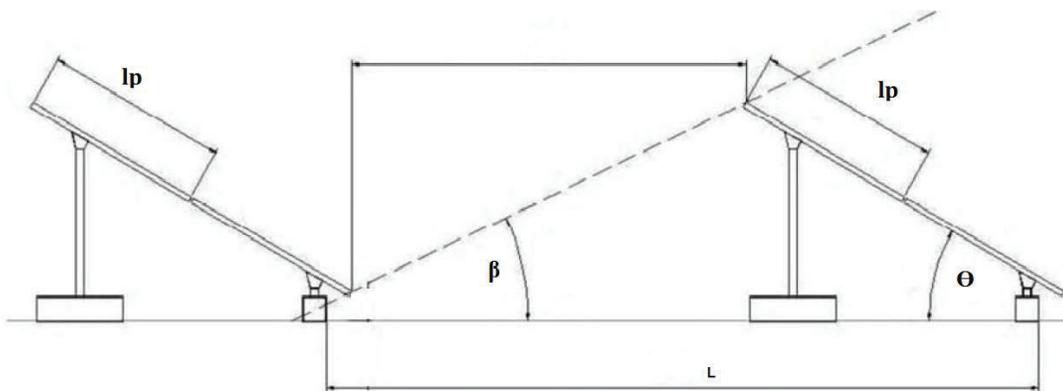


Figura 47: Graduación de Inclinación de los Paneles Fotovoltaicos

Aplicando la ley de senos, y considerando que

$$l_s > l_p$$

Determinamos:

$$L = \frac{l_s * \sin(180 - \theta - \beta)}{\sin \beta} \quad (11)$$

Siendo:

$L$ : Distancia entre paneles

$l_s$ : Longitud de soporte

$l_p$ : Longitud del panel fotovoltaico

$\beta$ : Ángulo de inclinación del rayo solar

$\theta$ : Ángulo de inclinación del panel fotovoltaico

Se debe verificar que el área del diseño no sobrepase el área asignada para el proyecto, para lo cual verificamos con la siguiente ecuación:

$$A_{PFV} = L * A_p * N^{\circ}_{paneles} \quad (12)$$

Siendo:

$A_{PFV}$  : Área total de los paneles calculados

$L$  : Distancia entre paneles

$A_p$ : Ancho de los paneles

$N^{\circ}_{paneles}$  : Número de paneles calculados

#### 4.3.2.5. Batería

Las baterías es el medio donde se almacena la energía, hay que considerar que el voltaje de las baterías debe ser igual al generado por los paneles o por el cargador de baterías.

Almacenar toda la energía requerida para las cargas internas y lo que se debe suministrar a la red, sería lo ideal sin embargo no se lo puede hacer por término económicos por lo que se busca un equilibrio para determinar la cantidad de energía a ser almacenada.

Para dimensionar las baterías, se debe determinar la cantidad de energía que se quiere almacenar, para lo cual lo realizamos con la siguiente ecuación.

$$E_A = E * f_a \quad (13)$$

Siendo:

$E_A$  : Energía almacenada

$f_a$  : Porcentaje de almacenamiento

$E$  : Energía Real

El cálculo del banco de baterías se lo desarrollo con el resultado de “ $E_A$ ” de la (13).

$$C = \frac{E_A * N}{V * P_{db}} \quad (14)$$

Siendo:

$C$ : Capacidad del banco de baterías

$E_A$ : Energía almacenada

$N$ : Días de autonomía

$V$ : Voltaje nominal de las baterías

$P_{db}$  : Profundidad de descarga

Es preferible que la profundidad de descarga este entre 0,8 a 0,6; esto para garantizar la vida útil de la batería.

El siguiente paso es determinar la capacidad disponible de la batería mediante la siguiente ecuación:

$$C_{bat} = C_b * P_{db \ max} \quad (15)$$

Siendo:

$C_{bat}$  :Capacidad disponible

$C_d$  : Potencia o capacidad nominal

$P_{db \ max}$  : Profundidad de descarga máxima

El almacenar toda la energía en una sola batería tiene un alto riesgo y no es factible por el tamaño de las baterías, por lo que se las debe repartir en varias baterías, considerando el resultado de la (15

$$N_b = \frac{C}{C_{bat}} \quad (16)$$

Siendo:

$N_b$ : Número de baterías

$C$ : Capacidad del banco de baterías

$C_{bat}$ : Capacidad de cada batería

#### 4.3.2.6. Cableado

Las conexiones pueden representar significativamente en la eficiencia de la generación, como consecuencia de las excesivas caídas de voltaje en los conductores, para lo cual recomienda que estas no superen el 1,5% y 2% en señal DC y AC respectivamente.

Los equipos, en sus hojas de información técnica o datasheet, ya determinan la especificación del tipo y calibre conductor para sus conexiones, sin embargo se podría comprobar sus caídas de voltaje con las siguientes ecuaciones.

En corriente continua:

$$S = \frac{2 * L * I * \rho}{\Delta V \%} \quad (17)$$

En corriente alternas – sistema monofásico:

$$S = \frac{2 * L * I * \rho * \cos \varphi}{\Delta V \%} \quad (18)$$

En corriente alterna – sistema trifásico:

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * \rho * \cos \varphi}{\Delta V \%} \quad (19)$$

Siendo:

$S$  : Sección del conductor

$L$  : Longitud del conductor

$I$  : Intensidad de corriente

$\rho$  : Resistividad del conductor

$\cos \varphi$  : Factor de potencia

$\Delta V \%$  : Caída de voltaje

#### 4.3.3. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO

Son consideraciones o condiciones que permiten un desempeño favorable, seguro y eficiente del funcionamiento de los equipos dimensionados. Estos aspectos son característicos de cada proyecto, pero deben ser considerados que tenga una vinculación con el entorno real.

#### **4.3.3.1. Centro de Transformación**

La electricidad generada en el sistema fotovoltaico tiene un nivel de voltaje y corriente a la salida del inversor. En el caso que el nivel voltaje de salida del inversor no sea igual al nivel de voltaje del punto de conexión establecido por la empresa distribuidora, se ve la necesidad de incorporar un transformador o cámara de transformación de acuerdo a la normativa de dicha distribuidora.

El punto de conexión es establecido por la empresa distribuidora de energía o compañía eléctrica. En algunas normativas se sugiere “la potencia total de la instalación conectada a un centro de transformación, no debe superar el 50% de la capacidad de transformación instalada a ese nivel de voltaje” [10].

#### **4.3.3.2. Protecciones Eléctricas**

Las protecciones eléctricas son equipos que detectan y eliminan incidentes o acciones peligrosas en las instalaciones eléctricas, precautelando el funcionamiento y evitando daños totales de los equipos críticos de un sistema, sobretodo en fenómenos de sobrevoltajes y cortocircuitos.

En los sistemas de distribución, los cortes de energía para mantenimiento, reparación y construcción son frecuentes; y cuando se tiene sistemas de generación aislados a pequeña escala, se debe tener cuidado, para que no ocurran accidentes con los denominados retornos. Para lo cual se implementa sensores de corriente y voltaje, que permite que el sistema de generación aislado, inyecte corriente y voltaje a la red pública proporcionalmente al que existe o está circulando por los conductores en la red de distribución.

En el sistema fotovoltaico se tiene instalaciones en DC y AC, por lo que las protecciones deben ser en los dos tipos de señal. Los equipos como rectificador-regulador-cargador tienen sus protecciones internas,

##### *4.3.3.2.1. Protecciones en DC*

Las conexiones deben estar en cajas de conexión normalizadas, con fusibles para proteger los conductores. El Sistema de inversión o rectificador de señal, debe incorporar sus protección en la entrada y salida del rectificador.

#### 4.3.3.2. Protecciones en AC

La instalación de un interruptor magnético diferencial entre el inversor y el punto de conexión o transformador si lo tiene. Todas las protecciones deben llegar y agrupárselas en un armario o tablero para poder tener un mejor control y dar mantenimiento.

#### 4.3.3.3. Contactos Directos

Las conexiones, empalmes, llegadas y salidas de equipos deben hacérselas en cajas de conexiones evitando un acceso directo para que no puedan ser manipulados fácilmente por extraños provocando accidentes, esto permitirá que las instalaciones no puedan ser saboteadas.

De igual manera los contactos de estas conexiones, se las debe hacer con materiales que eviten un efecto galvánico, esto contactos son los de bornes de conexión de paneles fotovoltaicos, relés, inversor, etc.

#### 4.3.3.4. Apantallamiento y Puesta a Tierra

El sistema de apantallamiento y puesta a tierra se protegen a los equipos y personas de condiciones peligrosas producidas por diferencia de potencial en el área de la instalación y trabajo.

El apantallamiento se lo debe implementar si es que existe la necesidad, ya sea por el área que ocupa, el nivel de tormentas eléctricas, construcciones aledañas, etc. con la norma establecida de la zona.

### **4.4. DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO DEL PROYECTO.**

Se determinará y desarrollará el proyecto en sí, con las características propias y datos establecidos anteriormente, esto con la finalidad de desarrollar un ejemplo del literal 4.3.2

#### 4.4.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO

El Distrito Metropolitano de Quito, ya fue caracterizado en el punto 3.1.1.1, de la misma manera las vallas publicitarias y de señalización se especificaron en el punto 2.1.1 ; hay que mencionar que vallas tubulares son las que van a ser consideradas para el desarrollo del proyecto, su estructura permite la incorporación de equipos, cables y arreglos, estas vallas mencionadas se encuentran distribuidas por toda el área de la ciudad; a pesar que existe más de 2000 vallas publicitarias y 1500 de señalización, no en todas podría ser posible implementar el sistema de generación fotovoltaica sea por el espacio físico, obstrucción de radiación por construcciones vecinas y condiciones inseguras (falta de cerramiento, estar en zonas de alta tasa de delincuencia y vandalismo, etc.), por lo que consideró 1500 vallas.

El esquema de las vallas publicitarias es el siguiente:

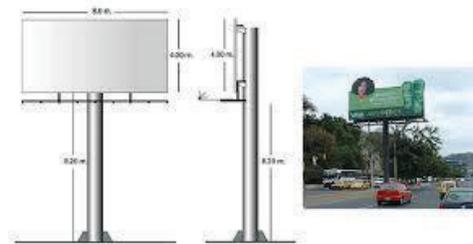


Figura 48: Esquema de la Estructura.

La Figura 48, se presenta las dimensiones y con la capacidad de incorporar hasta 150 kg de peso sobre su estructura.

Su carga en promedio es de 4 reflectores halógenos de 400 W cada una, con un funcionamiento desde las 17:30 hasta las 6:15 aproximadamente 12 horas y 45 minutos.

Con la implementación del sistema de generación fotovoltaica se busca generar y almacenar electricidad para el uso eficiente en sus instalaciones internas, y entregar o recibir un flujo de potencia de red de distribución si se presentan las condiciones para la conexión.

Por aspectos técnicos y económicos consideraremos implementar tres aspectos:

#### 4.4.1.1. Sistema de Iluminación

El implementar un sistema de generación alternativa, en este caso el fotovoltaico, siempre representa una alta inversión, por lo que incrementar un sistema eficiente de energía, principalmente iluminación y domótica, aumenta el requerimiento de capital en el inicio del proyecto.

Por financiamiento limitado el sistema de iluminación puede mantenerse, lo que involucra que el consumo de energía se mantenga.

Si existe la posibilidad de financiar un programa de eficiencia energética, con el cambio de reflectores halógenos por reflectores Led, que es una tecnología que disminuye considerablemente el consumo de energía permitiendo de una forma indirecta la recuperación de la inversión, al disminuir el pago de las planillas de consumo de energía. Su efecto se lo puede ver en la Figura 78.

##### 4.4.1.1.1. Sistema de Iluminación Led

La iluminación Led, es una aplicación de la electrónica que aprovecha las propiedades de materiales semiconductores en estado sólidos que emite luz cuando son sometidos al paso de corriente DC, en vez de emitir luz en vacío o en gas como los focos incandescentes y fluorescentes respectivamente.

El led presenta una luz blanca y gran variedad de colores de mucha calidad; mientras el consumo de energía es muy bajo en comparación a la iluminación de gas y en vacío. Su encendido es inmediato (menor a 1 ms), que en comparación a sistemas de alta potencia como las luminarias de vapor de sodio, halógenas y otros sistemas incandescentes; su vida útil es mucho más duradera lo que evita constantes mantenimientos.

Bombillas de Tungsteno/Halógenas/PAR tipo: **DOWNLIGHTS**

Potencia de **400W** - Equivalencia LED **60W**

Potencia de **450W** - Equivalencia LED **80W**

Potencia de **550W** - Equivalencia LED **90W**

Bombillas de Tungsteno/Halógenas/PAR tipo: **PROYECTORES-FOCOS**

Potencia de **250W** - Equivalencia LED **24W**

Potencia de **400W** - Equivalencia LED **50W**

Potencia de **500W** - Equivalencia LED **80W**

Potencia de **750W** - Equivalencia LED **100W**

Potencia de **800W** - Equivalencia LED **120W**

Figura 49: Tabla de Equivalencia Estimada entre Tecnología Led con otras Tecnologías de Iluminación

La luminaria actual tiene una potencia de 400 W, si se cambia a iluminación Led, esta tendría un consumo de potencia de 30 W, considerando igual número de lúmenes entre los reflectores. Reduciendo considerablemente la potencia de la carga instalada.

#### **4.4.1.2. Sistema de Almacenamiento**

El ubicar un sistema de baterías, está ligado al aspecto económico y a las condiciones del sitio, éste último se refiere a que debe destinarse, remodelarse, adaptarse o construirse un lugar para la ubicación del banco de baterías, son elementos que no deben estar expuestos a la intemperie si deseamos una vida útil, prolongando un funcionamiento pleno o sean sustraídas del sitio.

El lugar destinado para las baterías debe cumplir con aspectos como aire acondicionado y seguridad dependiendo el tipo de batería que se desee instalar.

#### **4.4.1.3. Conexión con la Red de Distribución**

La posibilidad de conectar la generación fotovoltaica a la red de distribución, depende de la EEQ, la cual ella misma realiza un análisis de conectividad, determinando si técnicamente es seguro permitir el intercambio de flujos de potencia en un determinado tiempo, potencia y condiciones.

Aunque en todos los puntos se implemente un sistema de generación, y exista excedente de generación, no significa que todos pueden tener una conexión a la red de distribución pública. Esta conexión tiene que ver mucho con la topología, carga instalada y perfiles de voltaje alrededor del punto.

Cabe mencionar, aprobada y aceptado los términos de la conexión y comerciales la entrega de energía a la red debe respetárselo para no incurrir en penalizaciones.

### **4.4.2. FUNCIONAMIENTO**

Considerando lo expuestos en los literales 4.4.1; el funcionamiento integral y sostenible del sistema de generación fotovoltaico con las vallas publicitarias y señalización, está en función

de 3 aspectos como: eficiencia energética, ubicación de baterías y conectividad con la red de distribución. Las cuales de acuerdo a las características y posibilidades en cada punto tendrá la posibilidad de alternar individual o en grupo los aspectos anteriormente detallados, se obtiene 8 alternativas o casos probables, de las cuales se seleccionara tres que tienen gran posibilidad de implementación en un futuro, y las cuales permitirán diferenciar aspectos técnicos y económicos en el siguiente capítulo.

#### **4.4.2.1. Caso 1**

En esta alternativa se tomará en consideración que existe el financiamiento total para el proyecto, lo cual permitirá cambiar el sistema de iluminación actual por el de iluminación Led, se supondrá que existe las condiciones para implementar un banco de baterías y que la EEQ dio la aprobación para poder conectar la generación a la Red de Distribución de Energía y entregar hasta 1 MWH diarios.

Implementando los tres aspectos, se podría decir que es un proyecto muy optimista y donde se presenten condiciones muy favorables pero se tomaran solo el 26,6 % (400 puntos) de las vallas seleccionadas para el proyecto.

#### **4.4.2.2. Caso 2**

La segunda alternativa se presenta con la posibilidad y aceptación de disminuir el consumo de energía, cambiando la iluminación a tipo Led. La posibilidad de conectarse a la red de distribución no fue aceptada, por lo que la generación del sistema fotovoltaico solo se limitara a dar suministro a sus reflectores, para lo cual la energía se almacenara en una batería con requerimiento de capacidad mínimos.

Para esta alternativa se sugiere 900 puntos correspondientes al 60% de las vallas seleccionadas para el proyecto.

#### **4.4.2.3. Caso 3**

La última alternativa, tiene el objetivo de destinar la mayor cantidad de recursos en la generación fotovoltaica y no se enfoca en invertir dinero en un sistema de iluminación eficiente o en un banco de baterías, conservando los reflectores actuales. La ubicación de la

valla y sus alrededores permite la instalación de paneles en un área de  $70 m^2$ . La topografía de la red presentan condiciones técnicas adecuadas para el intercambio de energía de la generación fotovoltaica hacia la Red, y viceversa; aprobando su conexión con la Red Distribución Pública para direccionar hacia la red la mayor cantidad que se le sea posible.

Por detallarse el área de ejecución del proyecto, esta alternativa es aplicable al 13,3% (200 puntos) de las vallas seleccionadas.

Las tres alternativas antes mencionadas tiene a su alrededor un sistema monofásico 110V, al cual van a ser conectados directamente para inyectar energía a la red en el caso que sea aprobada su conectividad. Las vallas ya tienen un apantallamiento y sistema de puesta tierra, al cual solo se les va a aterrizar los equipos y estructuras metálicas para el sistema fotovoltaico.

Se asume que la EEQ al realizar el estudio de conectividad, determino que ella misma realizará las calibraciones de las protecciones para el sistema.

#### 4.4.3. DATOS DE PARTIDA

El DMQ se encuentra a  $0^{\circ}15'$  latitud sur, lo cual significa que se encuentra muy cerca de la línea Ecuador, lo cual proporciona gran potencia de radiación.

En el país, el INAMHI y CONELEC, son los organismos que han implementado mecanismos de para medir la radiación solar los cuales han permitido establecerlos mapas (Anexo D). Los cuales han servido de base para el desarrollo de múltiples proyectos de generación fotovoltaico y será de guía en el presente proyecto.

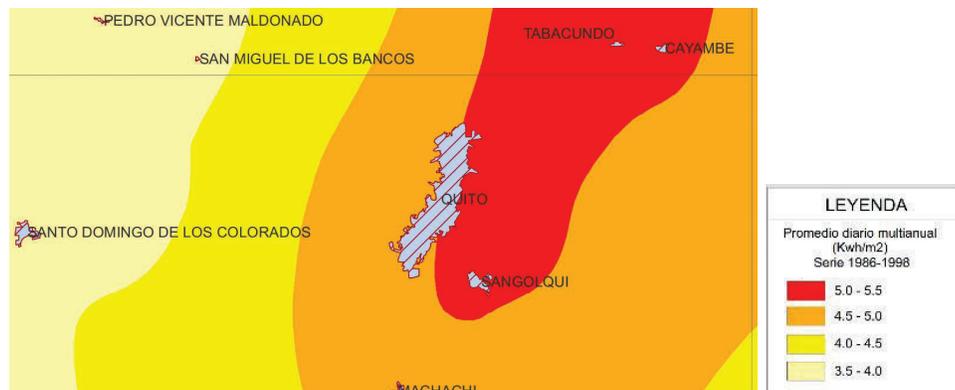


Figura 50: Radiación Solar Global [11]

En la Figura 50, indica que la ciudad de Quito, se encuentra entre 4,5 a 5 kWh/m<sup>2</sup>.

Los valores mensuales están representados en la Figura 51.

	Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Días/mes	Irradiancia (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	5,02	31	155,5
Febrero	4,84	28	135,5
Marzo	5,02	31	155,5
Abril	4,34	30	130,2
Mayo	4,34	31	134,5
Junio	4,16	30	124,8
Julio	4,34	31	134,5
Agosto	4,75	31	147,3
Septiembre	5,19	30	155,7
Octubre	5,19	31	160,9
Noviembre	5,02	30	150,5
Diciembre	5,19	31	160,9
<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>365</b>	

Figura 51: Irradiación Mensual en Quito [11]

Los rayos del sol caen perpendicularmente en la zona ecuatorial, presente el valor crítico en el mes de Junio con un valor de 4,16 kWh/m<sup>2</sup>/día; Figura 52.

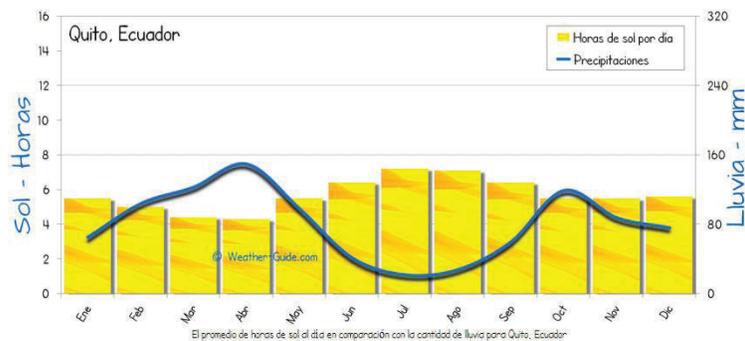


Figura 52: Promedio de Horas de Sol y Lluvia en Quito [12]

En la Figura 52, se determina de forma estadística el número de horas de luz solar en el transcurso del día; siendo el valor crítico el que se presenta el mes de abril de 5 horas.

El intervalo de temperatura ambiente promedio en la ciudad se detalla de la siguiente manera.

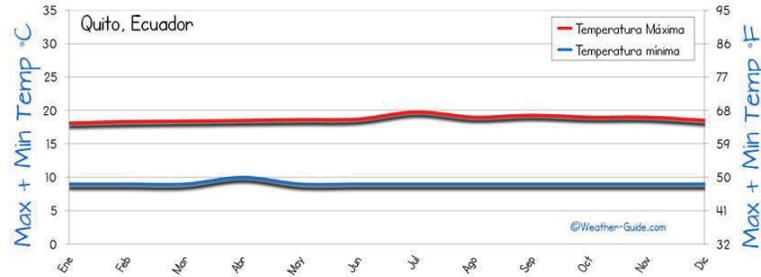


Figura 53: Temperatura Máxima y Mínima en Quito [12]

Se determina que la temperatura ambiente en la ciudad es de 20°C, esto en base a la representación de la Figura 53.

El ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, se considera del 5°, esto para permitir que la suciedad, polvo o algún objeto se deslicen por la cara del panel y no obstruya la captación de la radiación.

Hay que recordar que los paneles tienen en consideración la acumulación de polvo, y están diseñados y fabricados de tal manera que se limpien con la presencia de lluvia sobre su superficie.

#### 4.4.4. DESARROLLO DE CÁLCULOS

Para el desarrollo de los casos propuestos; estableceremos los datos iniciales, los cuales son los críticos en la siguiente Figura 54.

DATOS INICIALES CRITICOS	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
RADIACIÓN SOLAR DIARIA	H	<b>4160</b>	Wh/m2
ÁNGULO DE INCLINACIÓN	$\beta$	<b>89,9</b>	°
HORAS DE LUZ	t	<b>5</b>	h
TEMPERATURA AMBIENTE	T	<b>20</b>	°C

Figura 54: Datos Iniciales del Proyecto

Con la determinación de los datos de partida comenzamos a desarrollar cada una de las alternativas, las ecuaciones son las de la sección 4.3.

#### 4.4.4.1. Caso 1

Los elementos seleccionados para la presente alternativa tienen las siguientes características:

CARGA AC	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
POTENCIA	Pac	<b>30</b>	W
NÚMERO DE CARGAS	# ac	<b>4</b>	unidades
TIEMPO	t ac	<b>12,75</b>	h

Figura 55: Datos de Reflector Seleccionado, Anexo F

INVERSOR -REGULADOR-CARGADOR	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
RENDIMIENTO	ni	<b>95</b>	%
POTENCIA SALIDA DEL INVERSOR	P oi	<b>1600</b>	W
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO ALTO	Vmppi	<b>29</b>	V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO BAJO	Vmppi	<b>21,2</b>	V
CORRIENTE CONTINUA MÁXIMA ADMISIBLE	Imppi	<b>50</b>	A
CORRIENTE MAXIMA DE CARGA	In-c	<b>30</b>	A

Figura 56: Datos de Inversor-Regulador-Cargador Seleccionado, Anexo H

PANEL SOLAR	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
POTENCIA PICO	Pp	<b>195</b>	Wp
VOLTAJE NOMINAL	Vn	<b>24</b>	V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO	Vmppp	<b>36,4</b>	V
CORRIENTE OPERACIÓN MÁXIMA	Imppp	<b>5,37</b>	A
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	Iccmax	<b>5,74</b>	A
RENDIMIENTO	np	<b>80,18</b>	%
ÁNGULO DE INCLINACIÓN	$\theta$	<b>5,0</b>	$^{\circ}$
LONGITUD	Lp	<b>1,58</b>	m
ANCHO	Ap	<b>0,81</b>	m

Figura 57: Datos del Panel Fotovoltaico Seleccionado, Anexo G

BATERÍAS	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEBIDO AL CARGADOR	Kb	<b>0,08</b>	N/U
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEBIDO AL INVERSOR	Kc	<b>0,05</b>	N/U
COEFICIENTE PÉRDIDAS VARIAS	Kv	<b>0,10</b>	N/U
COEFICIENTE DE AUTODESCARGA	Ka	<b>0,005</b>	N/U
DÍAS DE AUTONOMÍA	N	<b>2</b>	días
PROFUNDIDAD DE DESCARGA	Pdb	<b>80</b>	%
CAPACIDAD DE LA BATERÍA	Cb	<b>160</b>	Ah
VOLTAJE NOMINAL	Vb	<b>24</b>	V

Figura 58: Datos de la Batería Seleccionada, Anexo I

Como se va a realizar un plan de eficiencia energética, se debe considerar los nuevos tipos de reflectores, las cuales tienen un consumo de 30 W, la potencia instalada va a funcionar por un intervalo promedio de 12,75 horas, con lo cual se determina la energía que requieren las mismas; con la Ecuación 1:

$$C_d = 30 * 4 * 12,75 = 1530 Wh = 1,53 kWh$$

La EEQ, realizó el estudio correspondiente y determino que la generación fotovoltaica puede conectarse a la red de distribución, con un límite de hasta 1MWh.

Por la ubicación de los paneles, en la parte superior de la estructura metálica de las mismas vallas, se determinó que solo se va a entregar hasta 1kWh. Con la Ecuación 2; se determina la energía destinada para la red, con la reserva para el control de potencia-frecuencia.

$$E_{RED} = 1000 * 1,10 = 1100 Wh = 1,1 kWh$$

Se determina la energía total con la Ecuación 23:

$$E_t = 1,1 + 1,53 = 2,63 kWh$$

El siguiente paso es determinar el rendimiento global con la Ecuación 4:

$$R_g = (1 - 0,08 - 0,05 - 0,1) \left(1 - \frac{0,005*2}{0,8}\right) = 0,76$$

Para el rendimiento global se consideró los valores de las Figura 43, Figura 44 y Figura 45.

A continuación se determina la energía real, con la Ecuación 5:

$$E = \frac{2,63}{0,76} = 3,45 kWh$$

Establecido la energía, se procede a determinar el número de paneles fotovoltaicos que requiere el sistema de generación, con la Ecuación 6:

$$N^{\circ}_{paneles} = \frac{3,45}{0,8 * 0,195 * 4,160} = 5,3 \approx 6 \text{ paneles}$$

Cada panel tiene un peso de 15,6 kg, con un peso total de 93,6 kg sobre la estructura.

Con las magnitudes de corriente y voltaje del inversor en el punto de máxima potencia se establece la configuración de los paneles en serie y paralelo con las Ecuaciones 7 y 8 respectivamente:

$$N^{\circ} \text{ paneles en serie} = \frac{29}{36,4} = 0,8 \approx 1 \text{ Panel en serie}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = \frac{50}{5,37} = 9,3 \approx 9 \text{ Paneles en paralelo}$$

Se continúa con establecer la potencia pico del parque con la Ecuación 9:

$$P_p = 195 * 6 = 1170 \text{ W}$$

El número del inversor-regulador-cargador; con los valores picos de potencia del sistema fotovoltaico y capacidad máxima de potencia de salida del mismo, reemplazados en la Ecuación 10:

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{1170}{1600} = 0,73 \approx 1 \text{ Inversor-Regulador-Cargador}$$

Se continúa con calcular la distancia de separación entre los paneles reemplazando los datos en la Ecuación 11:

$$L = \frac{1,78 * \sin(180 - 5 - 89,9)}{\sin 89,9} = 1,77 \text{ m}$$

Al ser los paneles el elemento más representativo de sistema de generación, se debe calcular el espacio necesario para su instalación con la Ecuación 12:

$$A_{PFV} = 1,77 * 0,81 * 6 = 8,60 \text{ m}^2$$

El último elemento en diseñar es el sistema de almacenamiento o las baterías; y primero se debe determinar la cantidad de energía a almacenar, para lo cual se ha planificado almacenar el 50% de la energía real, y se reemplaza en la Ecuación 13:

$$E_A = 3447,63 * 0,5 = 1723,8 \text{ Wh}$$

Se calcula la capacidad del banco de baterías, con la Ecuación 14:

$$C = \frac{1723,8 * 2}{24 * 0,8} = 179,56 \text{ Ah}$$

Se debe calcular el valor real de capacidad de cada batería, esto con la finalidad de conservar la vida útil de la batería, con la Ecuación 15:

$$C_{bat} = 160 * 0,8 = 128 \text{ Ah}$$

Y por último se determina el número de baterías con la Ecuación 16:

$$N_b = \frac{179,56}{128} = 1,4 \approx 2 \text{ baterías}$$

El esquema del sistema de generación fotovoltaico, queda establecido de la siguiente manera:

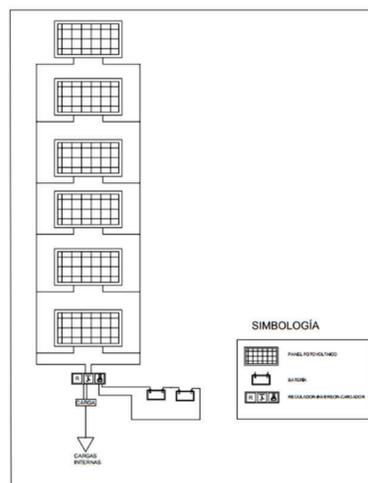


Figura 59: Esquema del Diseño de la Caso 1, Anexo J

La simulación de los casos 1, 2 y 3 se la realizó en la versión de prueba y gratuita de software “PV syst V6.30”; el mismo que tiene una biblioteca limitada, por lo que al no encontrarse el rectificador-inversor-regulador; se utilizó un inversor de características similares. (Anexo N).

#### 4.4.4.2. Caso 2

Los elementos seleccionados para la esta alternativa tienen las siguientes características:

Los reflectores son los mismos utilizados en la alternativa 1; Figura 55 respectivamente.

<b>INVERSOR -REGULADOR-CARGADOR</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
RENDIMIENTO	ni	<b>95</b>	%
POTENCIA SALIDA DEL INVERSOR	P oi	<b>800</b>	W
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO ALTO	Vmppi	<b>14</b>	V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO BAJO	Vmppi	<b>10,6</b>	V
CORRIENTE CONTINUA MÁXIMA ADMISIBLE	Imppi	<b>50</b>	A

Figura 60: Datos de Inversor-Regulador-Cargador Seleccionado, Anexo H

<b>PANEL SOLAR</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
POTENCIA PICO	Pp	<b>235</b>	Wp
VOLTAJE NOMINAL	Vn	<b>24</b>	V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO	Vmppp	<b>29,5</b>	V
CORRIENTE OPERACIÓN MÁXIMA	Imppp	<b>7,98</b>	A
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	Iccmax	<b>8,5</b>	A
RENDIMIENTO	np	<b>80</b>	%
ÁNGULO DE INCLINACIÓN	$\theta$	<b>5,0</b>	$^{\circ}$
LONGITUD	Lp	<b>1,64</b>	m
ANCHO	Ap	<b>0,99</b>	m

Figura 61: Datos del Panel Fotovoltaico Seleccionado, Anexo G

BATERÍAS	SIGLAS	VALOR	UNIDADES
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEBIDO AL CARGADOR	Kb	<b>0,08</b>	N/U
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEBIDO AL INVERSOR	Kc	<b>0,05</b>	N/U
COEFICIENTE PÉRDIDAS VARIAS	Kv	<b>0,10</b>	N/U
COEFICIENTE DE AUTODESCARGA	Ka	<b>0,005</b>	N/U
DÍAS DE AUTONOMÍA	N	<b>3</b>	días
PROFUNDIDAD DE DESCARGA	Pdb	<b>80</b>	%
CAPACIDAD DE LA BATERÍA	Cb	<b>220</b>	Ah
VOLTAJE NOMINAL	Vb	<b>24</b>	V

Figura 62: Datos de la Batería Seleccionada, Anexo I

Como en la primera alternativa, se reemplazaran los reflectores halógenos por los de tecnología led, y la carga diaria se calcula con la Ecuación 1:

$$C_d = 30 * 4 * 12,75 = 1530 Wh = 1,53 kWh$$

La EEQ, realizó el estudio correspondiente y determino que no es factible la conexión con la red de distribución.

La energía total es igual a la carga diaria de los reflectores led. Ecuación 3:

$$E_t = 1,53 kWh$$

El siguiente paso es determinar el rendimiento global con la Ecuación 4:

$$R_g = (1 - 0,08 - 0,05 - 0,1) \left(1 - \frac{0,005*3}{0,8}\right) = 0,76$$

Para el rendimiento global se consideró los valores de las Figura 43, Figura 44 y Figura 45.

A continuación se determina la energía real, con la Ecuación 5:

$$E = \frac{1,53}{0,76} = 2,02 kWh$$

Establecido la energía, se procede a determinar el número de paneles fotovoltaicos que requiere el sistema de generación, con la Ecuación 6:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{2,02}{0,8 * 0,235 * 4,160} = 2,6 \approx 3 \text{ paneles}$$

Con un peso total de 55,5 kg, sobre la estructura.

Con las magnitudes de corriente y voltaje del inversor en el punto de máxima potencia se establece la configuración de los paneles en serie y paralelo con las Ecuaciones 7 y 8 respectivamente:

$$N^{\circ} \text{ paneles en serie} = \frac{14}{29,5} = 0,47 \approx 1 \text{ Panel en serie}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = \frac{50}{7,98} = 6,3 \approx 6 \text{ Paneles en paralelo}$$

Se continúa con establecer la potencia pico del parque con la Ecuación 9:

$$P_p = 235 * 3 = 705 \text{ W}$$

El número del inversor-regulador-cargador; con los valores picos de potencia del sistema fotovoltaico y capacidad máxima de potencia de salida del mismo, reemplazados en la Ecuación 10:

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{705}{800} = 0,88 \approx 1 \text{ Inversor-Regulador-Cargador}$$

Se continúa con calcular la distancia de separación entre los paneles reemplazando los datos en la Ecuación 11:

$$L = \frac{1,84 * \sin(180 - 5 - 89,9)}{\sin 89,9} = 1,83 \text{ m}$$

Al ser los paneles el elemento más representativo de sistema de generación, se debe calcular el espacio necesario para su instalación con la Ecuación 12:

$$A_{PFV} = 1,83 * 0,99 * 3 = 5,41 \text{ m}^2$$

Se procede a determinar la cantidad de energía a almacenar, para lo cual se ha planificado almacenar el 100% de la energía real, por una autonomía de 3 días; y se reemplaza en la Ecuación 13:

$$E_A = 2018,43 * 100 = 201843 \text{ Wh}$$

Se calcula la capacidad del banco de baterías, con la Ecuación 14:

$$C = \frac{201843 * 3}{24 * 0,8} = 315,38 \text{ Ah}$$

Se debe calcular el valor real de capacidad de cada batería, esto con la finalidad de conservar la vida útil de la batería, con la Ecuación 15:

$$C_{bat} = 220 * 0,8 = 176 \text{ Ah}$$

Y por último se determina el número de baterías con la Ecuación 16:

$$N_b = \frac{315,38}{176} = 1,35 \approx 2 \text{ baterías}$$

El esquema del sistema de generación fotovoltaico, queda establecido de la siguiente manera:

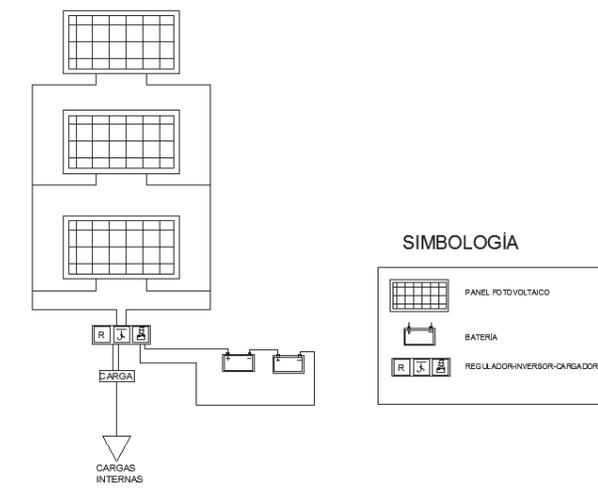


Figura 63: Esquema del Diseño de la Caso 2, Anexo J

La simulación de este caso se la realizo con un inversor de parecido en el mismo software de simulación y se encuentra en el Anexo N.

#### 4.4.4.3. Caso 3

Para la última alternativa, se tiene como características los equipos:

El sistema de iluminación se mantiene, con reflectores de halógenos.

<b>CARGA AC</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
POTENCIA	Pac	<b>400</b>	W
NÚMERO DE CARGAS	# ac	<b>4</b>	unidades
TIEMPO	t ac	<b>12,75</b>	h

Figura 64: Datos de los Reflectores Halógenos Actuales, Anexo B

Los paneles solares son los mismos de la alternativa 1, y sus datos para realizar los cálculos están en la

Figura 57.

El inversor es muy parecido al de las alternativas anteriores, con un cambio de potencia a 3200 W de capacidad, y sus datos complementarios

<b>INVERSOR - REGULADOR - CARGADOR</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
RENDIMIENTO	ni	<b>90</b>	%
POTENCIA SALIDA DEL INVERSOR	P oi	<b>3200</b>	W
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO ALTO	Vmppi	<b>54</b>	V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE TRABAJO MÁXIMO BAJO	Vmppi	<b>48</b>	V
CORRIENTE CONTINUA MÁXIMA ADMISIBLE	Imppi	<b>50</b>	A
CORRIENTE MAXIMA DE CARGA	In-c	<b>50</b>	A

Figura 65: Datos del Inversor-Regulador-Cargador Seleccionado para la Alternativa 3,

Anexo H

La energía para el sistema de iluminación de reflectores halógenos, va a ser tomada de la red de distribución en el momento que lo requiera; y su valor es:

$$C_d = 400 * 4 * 12,75 = 20400 \text{ Wh} = 20,4 \text{ kWh}$$

La EEQ, realizó el estudio correspondiente y determino que la generación fotovoltaica puede conectarse a la red de distribución hasta con 1MWh diario.

La valla, tiene un área adyacente de  $70 \text{ m}^2$ , donde van a ser instalados los paneles fotovoltaicos, los cuales van a generar electricidad y van a ser inyectados inmediatamente a la red de distribución en el transcurso del día.

Se pretende inyectar a la red, el consumo de su sistema de iluminación actual, para los cual con la Ecuación 2; se determina la energía que debe generar los paneles fotovoltaicos.

$$E_{RED} = E_t = 20400 * 1,10 = 22440 \text{ Wh} = 22,44 \text{ kWh}$$

El siguiente paso es determinar el rendimiento global con la Ecuación 4:

$$R_g = (1 - 0,1 - 0,15) = 0,75$$

Para el rendimiento global se consideró los valores de las Figura 43, Figura 44 y Figura 45. Con la Ecuación 5, se determina la energía real:

$$E = \frac{22,44}{0,75} = 29,92 \text{ kWh}$$

Establecido la energía, se procede a determinar el número de paneles fotovoltaicos que requiere el sistema de generación, con la Ecuación 6:

$$N^{\circ}_{paneles} = \frac{29,92}{0,8 * 0,195 * 4,160} = 46,02 \approx 47 \text{ paneles}$$

Es recomendable que el número de paneles sea par, para no presentar dificultades en la configuración de los paneles, por lo que tomaremos 48 paneles.

Con las magnitudes de corriente y voltaje del inversor en el punto de máxima potencia se establece la configuración de los paneles en serie y paralelo con las Ecuaciones 7 y 8 respectivamente:

$$N^{\circ} \text{ paneles en serie} = \frac{48}{36,4} = 1,3 \approx 2 \text{ Panel en serie}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = \frac{50}{5,37} = 9,3 \approx 9 \text{ Paneles en paralelo}$$

Se continúa con establecer la potencia pico del parque con la Ecuación 9:

$$P_p = 195 * 48 = 9360 \text{ W}$$

El número del inversor-regulador-cargador; con los valores picos de potencia del sistema fotovoltaico y capacidad máxima de potencia de salida del mismo, reemplazados en la Ecuación 10:

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{9360}{3200} = 2,93 \approx 3 \text{ Inversores}$$

Se continúa con calcular la distancia de separación entre los paneles reemplazando los datos en la Ecuación 11:

$$L = \frac{1,78 * \sin(180 - 5 - 89,9)}{\sin 89,9} = 1,77 \text{ m}$$

Al ser los paneles el elemento más representativo de sistema de generación, se debe calcular el espacio necesario para su instalación con la Ecuación 12:

$$A_{PFV} = 1,77 * 0,81 * 48 = 68,78 \text{ m}^2$$

En la ejecución no está contemplado la construcción de un sistema de almacenamiento de energía.

El esquema del sistema de generación fotovoltaico, queda establecido de la siguiente manera:

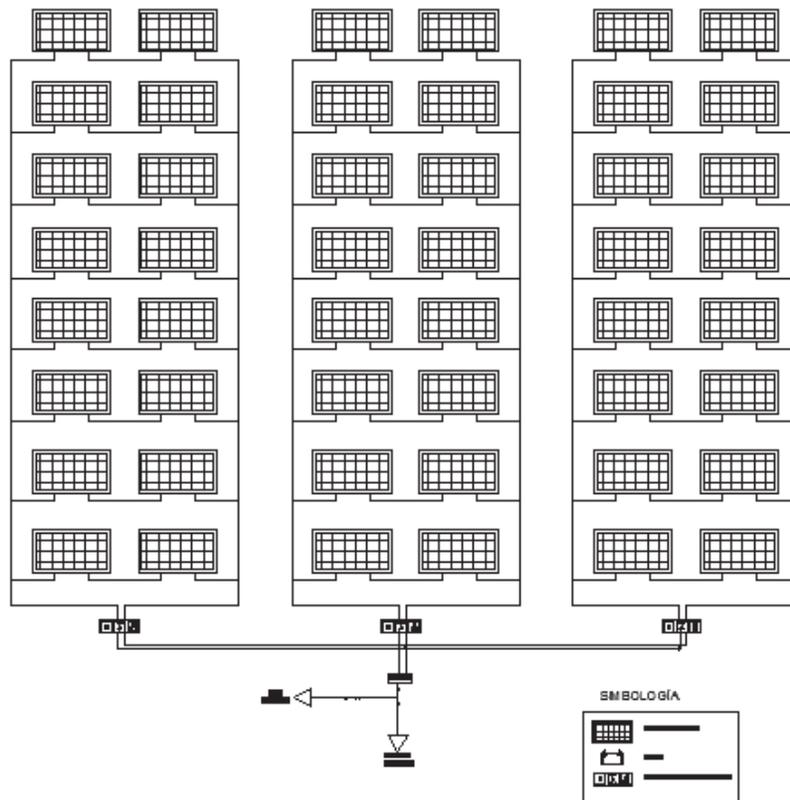


Figura 66: Esquema del Diseño del Caso o Alternativa 3, Anexo J

La simulación del sistema fotovoltaico, con un inversor parecido al del diseño se encuentra en el Anexo N.

## **5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS DIVERSAS FORMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA.**

La implementación de fuentes de electricidad a través de energías alternativas ha presentado como principal obstáculo los aspectos económicos, en el caso de la energía fotovoltaica la inversión inicial es considerable, la vida útil de los sistemas es entre 20 a 25 años, en los cuales el mantenimiento es bajo o casi innecesario.

En los últimos años, los costos de equipos y principalmente de paneles o celdas fotovoltaicas han disminuido por políticas energéticas y ambientales, lo que ha permitido disminuir los costos de producción de los fabricantes y la adquisición de los mismos a menor costo.

El financiamiento del proyecto, se lo puede realizar en instituciones bancarias o con el apoyo de inversionistas preferentemente.

### **5.1. CÁLCULO DE LA INVERSIÓN**

La mayor parte de la inversión es destinada en la compra de los equipos, requiriendo desde el inicio del proyecto el capital a invertir.

En el país no se fabrican los paneles fotovoltaicos, por lo que son importados principalmente de Europa y China. La adquisición de los mismos se los puede hacer en el mercado local o de forma directa con los fabricantes en el exterior, considerando que si se lo hace en el extranjero de debe considerar las políticas de importación de equipos, aranceles y salida de capital vigentes en el país.

La salida de capitales tiene un porcentaje del 5% del monto total. Con lo que respecta al traer el equipo, este depende mucho del tipo de negociación y acuerdos que se lleguen en el ámbito de los términos comerciales internacionales (CIF, FOB, EXW, FCA, FAS, CFR, CPT, etc.). Cuando el producto llega al país entra en un proceso para que sea desaduanizado, lo cual involucra otro valor adicional. El comprar directamente con los fabricantes puede traer beneficios en términos de garantías y precios en función de la cantidad de equipos a adquirir.

Para el presente desarrollo se utilizará:

DESCRIPCION	%
Salida de Capital	5
Transporte	3
Gastos de Aduana	10
Agente Importador	3
Seguro de Transporte	3
Varios	1
TOTAL	25

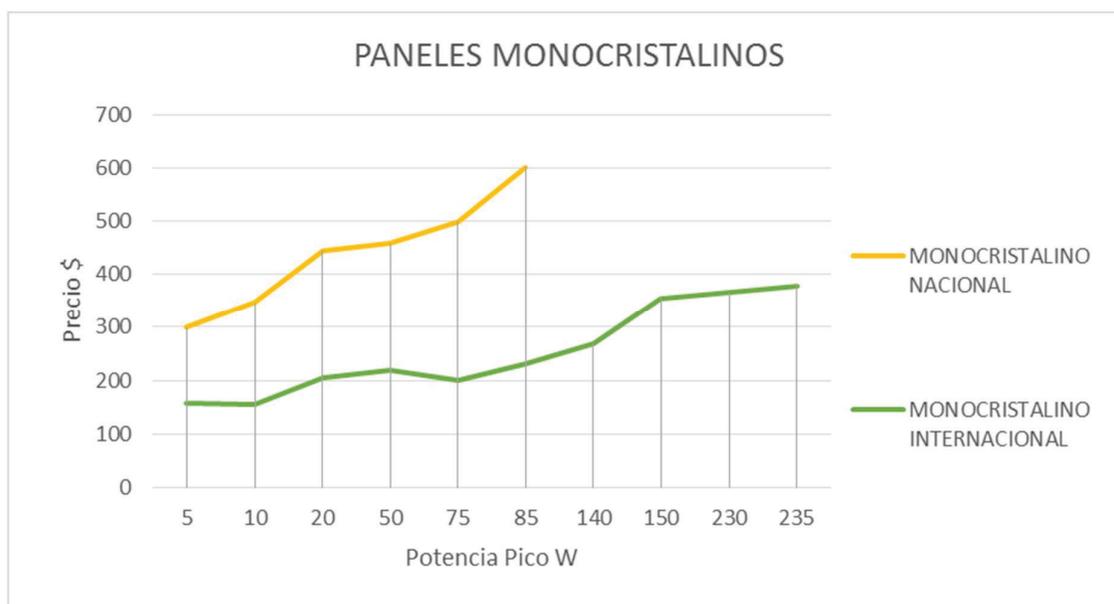
Figura 67: Porcentaje de Costos Total de Importación

Al precio del mercado internacional, se le debe agregar un 25% adicional, para que lleguen al país.

La inversión se la puede clasificar en dos etapas: compra de equipos e instalación y mantenimiento.

### 5.1.1. COMPRA E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

Los paneles fotovoltaicos es el elemento que mayor porcentaje de la inversión es captada, por lo que se debe considerar tres aspectos: precio del panel, potencia pico y tamaño.



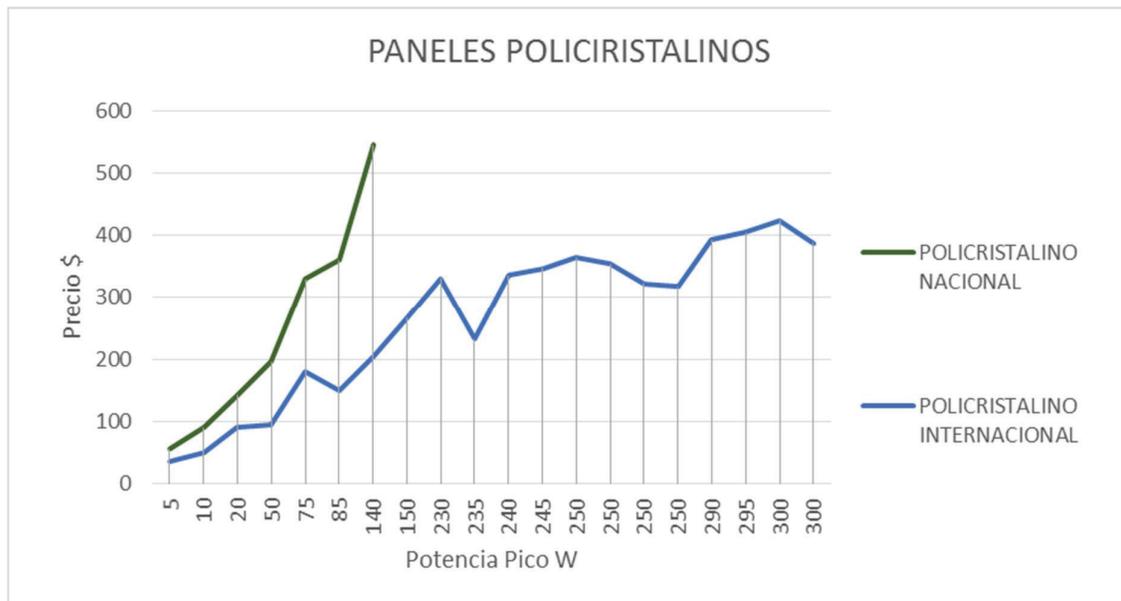


Figura 68: Comparativo Precio vs Potencia Pico

En la Figura 68, se compara el precio respecto a su potencia pico, los paneles monocristalinos y policristalinos en el mercado nacional e internacional.

Los paneles policristalinos tienen un menor precio respecto a los monocristalinos, lo cual involucra una menor inversión inicial al adquirir los primeros. Los precios en el mercado nacional son mucho más altos que en el mercado internacional, y la diversidad de potencia es limitada localmente; por lo que se podría considerar la compra en el extranjero y traerlos para su instalación.

El hecho de que un panel sea conveniente o perjudicial en términos económicos, se establece por su costo por vatio generado ( $\$/W$ ), como se muestra en la siguiente figura.

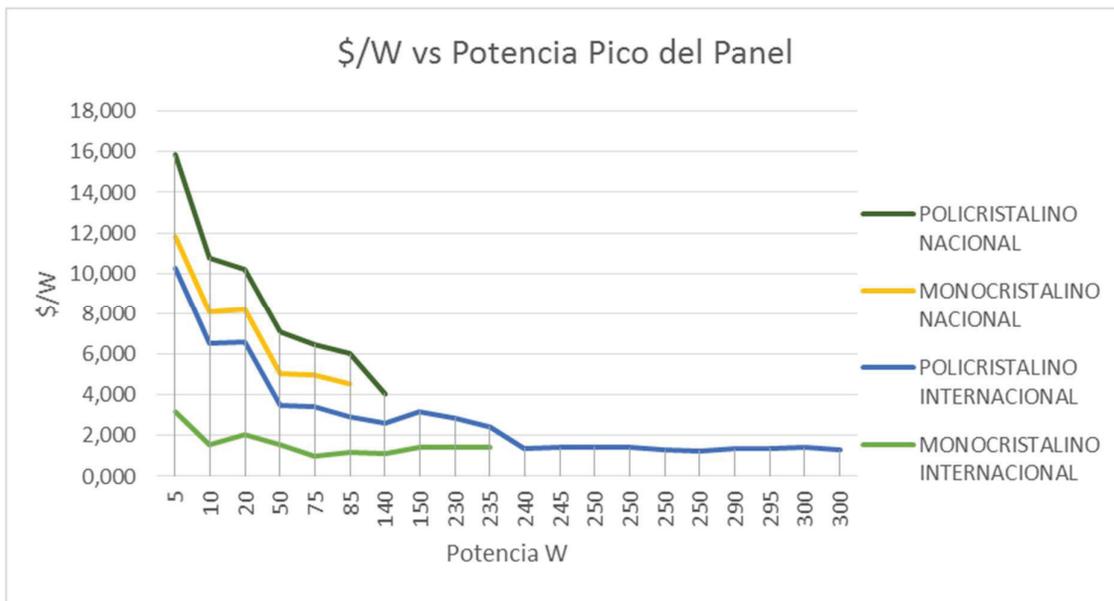


Figura 69: Precio por Vatio Generado en los Paneles Fotovoltaicos

Como se observa en la Figura 69, el instalar paneles monocristalinos tiene mayores beneficios económicos que los policristalinos, por que generan mayor número de vatios por dólar; este mismo tipo de panel tiene un alto grado de eficiencia.

También se puede observar, en la curva “Policristalino Internacional”; que su disminución en \$/W, llega hasta un cierto punto y tiende a permanecer constante con un rendimiento muy parecido al de los paneles monocristalinos, con una menor inversión inicial; pero esto para proyectos de generación de gran escala.

Mientras mayor sea el número de paneles a instalar, mayor será el espacio requerido; por lo que es un factor considerable y crítico si no se tiene un terreno destinado, donado o propio. El comprar o alquilar un terreno puede aumentar el costo final del proyecto.

De la misma manera como se procedió para el diseño se desarrollará caso por caso y con precios unitarios.

### 5.1.1.1. Caso 1

Item	Descripción del Equipo	Número de Equipos	Valor Unitario	Valor Total	Porcentaje de la inversión
1	Reflector de alta eficiencia fabricado con tecnología led, carcasa completamente metálica y resistente a la interperie, grado de protección IP66 y cubierta de cristal templado. Color de luz emitida blanca	4	95,0	380,0	2,1
2	Panel fotovoltaico Full Black Module, modelo LDK-195D-24, con dimensiones 1580x808x40 mm y 15,6 kg.	6	249,2	1495,4	8,3
3	Inversor Multifunción, Effekta de 2 KVA- 1600W 24 V DC; Conexión monofásica a la red. On Grid, Off Grid, Back Up	1	1027,1	1027,1	5,7
4	Batería Up-Power de 160 Ah, C100 y 24 V	2	412,7	825,3	4,6
5	Estructura de acero inoxidable para soporte individual de panel fotovoltaico, las dimensiones van a variar en función de la ubicación y del panel.	6	75,0	450,0	2,5
6	Cables para conexión de equipos	Global	186,4	186,4	1,0
7	Material para instalaciones eléctricas	Global	372,8	372,8	2,1
8	Mano de obra (incluye tendido de cable, ubicación y conexión de equipos)	Global	240,9	240,9	1,3
9	Documentación, trámites y permisos	Global	5473,7	5473,7	30,5
10	Gastos varios e imprevistos	Global	473,7	473,7	2,6
12	Garantía	Global	7000,0	7000,0	39,1
	<b>TOTAL</b>			<b>17925,3</b>	<b>100,0</b>

Figura 70: Presupuesto de la Alternativa 1 por Punto de Instalación, Anexo K

La inversión inicial para la alternativa 1, es de 17925,3 dólares, con una potencia pico de 1,17 kW. Los cuales permiten satisfacer la demanda interna y entrega 1kWh diariamente a la red de distribución. Cabe mencionar que el costo a cancelar por los estudios de conectividad y la garantía se los debe hacer por cada punto, y se encuentran dentro del ítem 10 y 11 respectivamente.

Si consideramos que mediante negociaciones con los organismos reguladores se puede omitir los ítems 9, 10 y 11 la inversión disminuiría a 4977,9 dólares por cada sistema a generar.

De la misma manera llegando a un descuento del 12 %, con los proveedores considerando el volumen de compra la inversión estaría bordeando los 4380 dólares.

## 5.1.1.2. Caso 2

Item	Descripcion del Equipo	Número de Equipos	Valor Unitario	Valor Total	Porcentaje de la inversion
1	Reflector de alta eficiencia fabricado con tecnología led, carcasa completamente metálica y resistente a la interperie, grado de protección IP66 y cubierta de cristal templado. Color de luz emitida blanca	4	95,0	380,0	3,8
2	Panel fotovoltaico LDK-235 60 cell M. PV Module Series.24 V Policristalino, con dimensiones 1636x986x35 mm y 18.5 kg.	3	249,2	871,5	8,8
3	Inversor Multifunción, Effekta de 2 KVA- 800W 12 V DC; Conexión monofásica a la red. On Grid, Off Grid, Back Up	1	896,9	896,9	9,1
4	Bateria Up-Power de 220 Ah, C100 y 12 V	2	544,5	1089,0	11,0
5	Estructura de acero inoxidable para soporte individual de panel fotovoltaico, las dimensiones van a variar en funcion de la ubicación y del panel.	3	50,0	150,0	1,5
6	Cables para conexión de equipos	Global	161,9	161,9	1,6
7	Material para instalaciones eléctricas	Global	323,7	323,7	3,3
8	Mano de obra (incluye tendido de cable, conexión de equipos)	Global	240,9	240,9	2,4
9	Documentación, trámites y permisos	Global	5387,3	5387,3	54,5
10	Gastos varios y percances	Global	387,3	387,3	3,9
11	Garantía	Global	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>				<b>9888,6</b>	<b>100,0</b>

Figura 71: Presupuesto de la Alternativa 2 por Punto de Instalación,

## Anexo L

La inversión en la construcción y puesta en marcha para la alternativa dos es de 9888,6 dólares, menor que la primera alternativa; con una potencia pico de 0,705 kW. Luego del

estudio de conectividad realizado por la EEQ y no ser aprobada su conexión, no se cancela la garantía correspondiente.

De la misma manera que en el caso 1; si descontamos los ítem de documentación, gastos varios la inversión sería de 4114 dólares.

Con el mismo descuento de los proveedores, la inversión bajaría a 3620 dólares.

### 5.1.1.3. Caso 3

Item	Descripcion del Equipo	Número de Equipos	Valor Unitario	Valor Total	Porcentaje de la inversion
1	Reflector de alta eficiencia fabricado con tecnología led, carcasa completamete metálica y resistente a la interperie, grado de protección IP66 y cubierta de cristal templado. Color de luz emitida blanca	0	95,0	0,0	0,0
2	Panel fotovoltaico Full Black Module, modelo LDK-195D-24, con dimensiones 1580x808x40 mm y 15,6 kg.	48	249,2	11963,0	33,7
3	Inversor Multifunción, Effekta de 4 KVA- 3200W 48 V DC; Conexión monofásica a la red. On Grid, Off Grid, Back Up	3	1886,0	5658,0	16,0
4	Bateria Up-Power de 160 Ah, C100 y 24 V	0	825,5	0,0	0,0
5	Estructura de acero inoxidable para soporte individual de panel fotovoltaico a nivel del suelo, las dimensiones van a variar en funcion de la ubicación y del panel.	48	90,0	4320,0	12,2
6	Cables para conexión de equipos	Global	881,1	881,1	2,5
7	Material para instalaciones eléctricas	Global	1762,1	1762,1	5,0
8	Mano de obra (incluye tendido de cable, conexión de equipos)	Global	963,6	963,6	2,7
9	Documentación, trámites y permisos	Global	7458,4	7458,4	21,0
10	Gastos varios y percanses	Global	2458,4	2458,4	6,9
11	Garantía	Global	7000,0	7000,0	39,1
	<b>TOTAL</b>			<b>35464,7</b>	<b>100,0</b>

Figura 72: Presupuesto de la Alternativa 3 por Punto de Instalación,  
Anexo M

Para la última alternativa, se requiere una inversión de 35464,7 dólares para instalar 9,36 kWp y entregar 20,4 kWh diarios a la red de distribución.

La inversión podría disminuir a 18547,9 dólares, si no se paga la garantía, gastos varios y documentación.

Y bajaría aún más con el descuento de los proveedores a 16322 dólares.

### **5.1.2. MANTENIMIENTO**

Los sistemas de generación fotovoltaicas tienen una vida útil entre 20 a 25 años, aunque existe sistemas que superan los 40 años de funcionamiento. Los paneles y equipos generalmente tienen garantías de hasta 5 años. El mantenimiento durante la vida útil del proyecto por aspectos técnicos es realmente mínimo.

Estadísticas en proyectos de generación distribuida similares en otros países, determinaron un monto de mantenimiento hasta el 5% de la inversión inicial, siendo la mayor causa para el mantenimiento falla en las baterías.

## **5.2. NORMATIVAS A CONSIDERAR**

El CONELEC, es el organismo que regula el mercado eléctrico, y por lo tanto establece normativas que deben ser consideradas ya que involucran actividades e inversiones antes y durante la ejecución del proyecto; para que la electricidad generada en los sistemas fotovoltaicos pueda ser vendida al mercado eléctrico. Las regulaciones a considerar son las siguientes:

### **Regulación 006/10: “Declaratoria de Alta Prioridad para el Sector Eléctrico”**

El objetivo de la regulación es dar a conocer el procedimiento al que deben someterse todos los interesados en realizar inversiones para proyectos destinados al servicio público de electricidad, obteniendo un título habilitante.

### **Regulación 002/11: “Excepcionalidad para la Participación Privada en la Generación Eléctrica”**

Basándose en el artículo 2 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece los parámetros y principios para declarar como casos de excepción la participación privada en la generación de energía eléctrica.

### **Regulación 002/13: “Procedimiento de Calificación y Registro de Proyectos de Generación de Energías Renovables no Convencionales MENORES A 1 MW”**

Pone a conocimiento los aspectos técnicos, comerciales y de control que deben cumplir los proyectos de generación de energías renovables menores a 1MW; y establece los valores de garantía para cumplimiento de la potencia suministrada al mercado eléctrico.

Capacidad Nominal Instalada (kW)	Monto por Garantía de Suscripción
< 500	7000
≥ 500	15000

Figura 73: Garantía de Suscripción de Registro [8]

### **Regulación 001/14: “Participación de Auto-generadores en el Sector Eléctrico”**

Establece las condiciones económicas y técnicas para la participación de auto-generadores privados en el mercado eléctrico nacional.

TIPO DE CENTRAL Y RANGO DE POTENCIA	PLAZO PARA PROYECTOS DE AUTOGENERACIÓN (AÑOS)
Vapor	30
MCI < 514 rpm	20
MCI 514 – 900 rpm	15
MCI > 900 rpm	7
Gas Industrial	20
Gas Jet	7
Eólicas	25
Fotovoltaicas	20
Biomasa – Biogas	15
Geotérmicas	30
Hidro 0 – 0,49 MW	20
Hidro 0,5 – 4,99 MW	30
Hidro – 5 – 49,99 MW	40
Hidro ≥ 50 MW	50

Figura 74 : Plazos a ser Considerados en los Registros y Títulos Habilitantes [8]

**Regulación 001/13: “La Participación de los Generadores de Energía Eléctrica Producida con Recursos Energéticos Renovables no Convencionales”**

Establece el tratamiento de la participación de la generación de electricidad a partir de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico ecuatoriano, además asigna la responsabilidad del estudio de conectividad a la red de distribución a las empresas de distribución locales.

Las empresas eléctricas para realizar este estudio de conectividad determinan los valores a ser cancelados de 10000 y 5000 dólares para proyectos mayores a 1 MW y menores a 1MW respectivamente.

**Regulación 004/11: “Tratamiento para la Energía Producida en Recursos Energéticos Renovables no convencionales”**

Esta regulación es la que determina los requisitos, forma de despacho, periodo de vigencia, excedentes de generación y precios con la que es negociada la entrega de electricidad al sistema nacional interconectado los proyectos de generación con fuentes renovables no convencionales:

<b>CENTRALES</b>	<b>Territorio Continental</b>	<b>Territorio Insular de Galápagos</b>
<i>EÓLICAS</i>	<i>9.13</i>	<i>10.04</i>
<i>FOTOVOLTAICAS</i>	<i>40.03</i>	<i>44.03</i>
<i>SOLAR TERMOELÉCTRICA</i>	<i>31.02</i>	<i>34.12</i>
<i>CORRIENTES MARINAS</i>	<i>44.77</i>	<i>49.25</i>
<i>BIOMASA Y BIOGÁS &lt; 5 MW</i>	<i>11.05</i>	<i>12.16</i>
<i>BIOMASA y BIOGÁS &gt; 5 MW</i>	<i>9.60</i>	<i>10.56</i>
<i>GEOTÉRMICAS</i>	<i>13.21</i>	<i>14.53</i>

Figura 75: Precio Preferencial de Energías Renovables en (cUSD/kWh) [8]

### 5.3. VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

El implantar sistemas de generación fotovoltaica trae beneficios sociales y ambientales los cuales son valorados de forma cualitativamente.

Al ser un proyecto de alta inversión, en el transcurso de la vida útil del proyecto se busca un alto margen de utilidad. Para lo cual la venta de electricidad a la red de distribución es el principal aspecto. El CENACE ha determinado un valor de 0,4003 dólares por kWh entregado al sistema de distribución, obviamente cumpliendo los procesos, requisitos y normativas establecidas.

En el mercado eléctrico, se estableció la tarifa de la dignidad la cual tiene un valor de 4 centavos de dólar para los usuarios que no superen los 110 kWh en la región sierra y 150 kWh en el resto del país. Para los usuarios que superan el número de kWh entran a una tarifa de 9,33 centavos de dólar.

#### 5.3.1. CÁLCULO DEL VAN Y TIR

Para el desarrollo del proyecto, se debe determinar la rentabilidad del mismo para lo cual se utilizan dos herramientas o conceptos fundamentales que son el Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

##### 5.3.1.1. Caso 1

La tasa de rentabilidad para este proyecto es del 2%, con el cual proyectamos el valor actual de la inversión desarrollando de la siguiente manera.

AÑO	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	UTILIDADES MINIMAS	UTILIDADES MAXIMAS	GARANTÍA	EGRESOS	VALORES MINIMOS			VALORES MAXIMOS		
							INGRESOS	RESULTADO	VALOR ACTUAL	INGRESOS	RESULTADO	VALOR ACTUAL
0	17925,30					17925,3	0,00	-17925,30	-17925,30	0,00	-17925,30	-17925,30
1		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	689,03	845,34	809,49	793,62
2		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	675,52	845,34	809,49	778,06
3		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	662,27	845,34	809,49	762,80
4		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	649,29	845,34	809,49	747,84
5		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	636,56	845,34	809,49	733,18
6		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	624,07	845,34	809,49	718,80
7		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	611,84	845,34	809,49	704,71
8		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	599,84	845,34	809,49	690,89
9		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	588,08	845,34	809,49	677,34
10		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	576,55	845,34	809,49	664,06
11		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	565,24	845,34	809,49	651,04
12		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	554,16	845,34	809,49	638,28
13		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	543,29	845,34	809,49	625,76
14		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	532,64	845,34	809,49	613,49
15		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	522,20	845,34	809,49	601,46
16		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	511,96	845,34	809,49	589,67
17		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	501,92	845,34	809,49	578,11
18		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	492,08	845,34	809,49	566,77
19		35,85	738,66	845,34		35,85	738,66	702,81	482,43	845,34	809,49	555,66
20		35,85	738,66	845,34	7000,00	35,85	7738,66	7702,81	5183,77	7845,34	7809,49	5255,56
TOTAL	17925,30	717,01	14773,20	16906,80	7000,00	18642,3	21773,20	3130,89	-1722,56	23906,80	5264,49	21,81

Figura 76: Tabla de Cálculo de VAN y TIR para el Caso 1

En este proyecto como se comercializara 1kWh diario, con el que se ha calculado las “utilidades mínimas”; y por otro lados si tomamos los datos de la Figura 51, y calculamos la energía producida existe un excedente de electricidad, con lo que si logramos inyectarlo esa electricidad adicional en la red de distribución desarrollaremos las “utilidades máximas”.

En el primer caso se obtiene un VAN=-1722,56 y TIR= 1,21 %

En el caso más favorable tenemos un VAN=21,81 y TIR= 2,01%

Con las condiciones establecidas en la evaluación del TIR y VAN este caso no es rentable a 20 años de concesión. Sin embargo si al tiempo de concesión se le prolonga 5 años más y la tasa de rentabilidad la consideramos de 1,4 el proyecto es rentable y presenta los siguientes valores:

En el primer caso se obtiene un VAN=62,68 y TIR=2,02%

En el caso más favorable tenemos un VAN=2145,45 y TIR=2,8%

Con los valores del VAN y TIR en cualquiera de las dos alternativas el proyecto es rentable.

Si consideramos los 20 años de concesión cancelación de garantías, documentación, gastos varios y el descuento por los proveedores, esta alternativa tiene un horizonte diferente.

En el primer caso se obtiene un VAN=7158,94 y TIR= 12,80 %

En el caso más favorable tenemos un VAN=9008,67 y TIR= 15,26%

Lo cual superaría la tasa de rentabilidad promedio que es del 10 %.

### **5.3.1.2. Caso 2**

En esta alternativa no se vende o compra energía a la red de distribución, sin embargo la disminución del consumo de las cargas internas de energía genera la utilidad al proyecto. La tasa de rentabilidad es del 2%

AÑO	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	UTILIDADES MAXIMAS	GARANTÍA	EGRESOS	VALORES MAXIMOS		
						INGRESOS	RESULTADO	VALOR
0	9888,60				9888,60	0,00	-9888,60	-9888,60
1		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	561,54
2		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	550,53
3		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	539,74
4		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	529,15
5		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	518,78
6		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	508,61
7		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	498,63
8		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	488,86
9		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	479,27
10		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	469,87
11		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	460,66
12		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	451,63
13		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	442,77
14		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	434,09
15		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	425,58
16		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	417,23
17		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	409,05
18		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	401,03
19		19,78	592,55		19,78	592,55	572,77	393,17
20		19,78	592,55	0,00	19,78	592,55	572,77	385,46
TOTAL	9888,60	395,54	11851,00	0,00	10284,14	11851,00	1566,86	-522,94

Figura 77: Tabla de Cálculo del VAN y TIR para el Caso 2

Se ha determinado un valor VAN=-522,94 y un TIR=1,44%; lo cual significa que el proyecto no es rentable en estas condiciones.

Si lo analizamos de la misma manera como en el caso anterior se obtiene:

Con tiempo de concesión de 25 años:

VAN = 1107,29 y TIR= 2,91%

Considerando la misma tasa de rentabilidad y restamos de la inversión inicial los costos en documentación, gastos varios; consideramos el descuento de los proveedores o fabricantes y con 20 años de concesión se tiene:

VAN = 5739,72 y TIR= 14,81%, lo cual lo vuelve llamativo para los inversionistas.

En este proyecto se puede determinar el impacto real de implementar un sistema eficiente de iluminación.

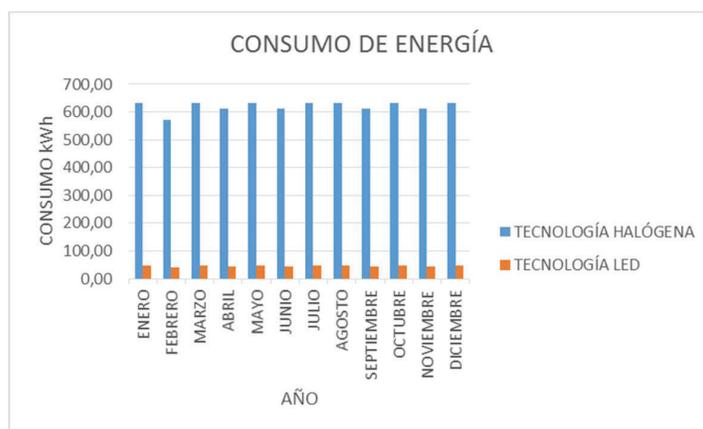


Figura 78: Tabla Comparativa de Consumo de Energía

Como se visualiza en la Figura 78, el consumo anual paso de 7446 kWh a 547,5 kWh, disminuyendo 6898,5 kWh, eso representa 643,63 dólares en la facturación anual, compensando la inversión de 380 dólares en el mismo año de instalación.

### 5.3.1.3. Caso 3

La inversión en esta alternativa requiere de un capital y tiempo de construcción mayor, por lo que se ha visto conveniente aumentar la tasa de rentabilidad al 3%. Al igual que la primera alternativa en función de la irradiación, puede generar excedentes de energía los cuales si son comercializados a la red de distribución producen mayor ingreso o utilidades en el año.

AÑO	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	UTILIDADES MINIMAS	UTILIDADES MAXIMAS	GARANTÍA	EGRESOS	VALORES MINIMOS			VALORES MAXIMOS		
							INGRESOS	RESULTADO	VALOR ACTUAL	INGRESOS	RESULTADO	VALOR ACTUAL
0	35464,70					35464,70	0,00	-35464,70	-35464,70	0,00	-35464,70	-35464,70
1		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	2150,48	3230,83	3159,90	3067,86
2		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	2087,84	3230,83	3159,90	2978,51
3		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	2027,03	3230,83	3159,90	2891,76
4		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1967,99	3230,83	3159,90	2807,53
5		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1910,67	3230,83	3159,90	2725,76
6		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1855,02	3230,83	3159,90	2646,37
7		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1800,99	3230,83	3159,90	2569,29
8		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1748,53	3230,83	3159,90	2494,45
9		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1697,61	3230,83	3159,90	2421,80
10		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1648,16	3230,83	3159,90	2351,26
11		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1600,16	3230,83	3159,90	2282,78
12		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1553,55	3230,83	3159,90	2216,29
13		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1508,30	3230,83	3159,90	2151,74
14		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1464,37	3230,83	3159,90	2089,07
15		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1421,72	3230,83	3159,90	2028,22
16		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1380,31	3230,83	3159,90	1969,15
17		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1340,11	3230,83	3159,90	1911,79
18		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1301,07	3230,83	3159,90	1856,11
19		70,93	2285,92	3230,83		70,93	2285,92	2214,99	1263,18	3230,83	3159,90	1802,05
20		70,93	2285,92	3230,83	7000,00	70,93	9285,92	9214,99	5102,12	10230,83	10159,90	5625,29
TOTAL	35464,70	1418,59	45718,40	64616,60	7000,00	36883,29	52718,40	15835,11	1364,50	71616,60	34733,31	15422,37

Figura 79: Tabla de Cálculo del VAN y TIR del Caso 3

Con los ingresos mínimos generan un VAN=1364,5 y TIR= 3,37%. Con los ingresos máximos la tercera alternativa genera un VAN= 15422,37 y TIR= 6,94%.

La tercera alternativa es económicamente viable con los parámetros de rentabilidad establecidos.

Si consideramos las condiciones más favorable con la misma tasa de rentabilidad esperada se obtiene:

Con los ingresos mínimos generan un VAN=20507,19 y TIR= 12,85%. Con los ingresos máximos la tercera alternativa genera un VAN= 34565,06 y TIR= 19,02%. Lo cual es un proyecto de excelente rentabilidad.

Para implantar el proyecto de forma global, el proyecto en requiere una inversión de 23 891 400 dólares.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones son las siguientes:

Implementar un programa de eficiencia energética en todas las vallas que actualmente tienen iluminación permitiría disminuir su consumo de 40,8 MWh a 3,06 MWh diarios. Requiriendo solo el 8 % de la energía destinada actual para las mismas vallas iluminadas. Esta disminución permitiría que el consumo de energía nocturno disminuya aproximadamente un 12% en el Distrito Metropolitano de Quito.

Se ha determinado que la energía que consume actualmente el sistema de iluminación de las 2000 vallas publicitarias es 40.8 MWh diarios, requiriendo para su funcionamiento anual 14.89 GWh que es el 0.37% de la energía que es suministrada anualmente por la EEQ.

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra prácticamente sobre la línea ecuatorial, lo le permite recibir una cantidad alta de rayos solares. Convirtiéndolo en una zona con una fuente de gran potencial para la generación de electricidad a través de sistemas fotovoltaicos.

El implementar dispositivos o sistemas de consumo energético eficientes en los proyectos de generación distribuida o en cualquier otro proyecto que funciona con electricidad; permite mayor rentabilidad o viabilidad económica.

En el caso 1; el cambiar de tecnología halógena a tecnología led, reduce la potencia instalada de 1600 W a 120 W respectivamente, sin que disminuya calidad o funcionalidad de la iluminación sobre cada valla publicitaria. Esta acción disminuye considerablemente la factura por consumo de electricidad; y representa el 80.21% de las utilidades anuales corresponde al implementar la eficiencia energética;

En la caso 2 la eficiencia energética genera el 100% de utilidades. La inversión al cambiar a tecnología led es recuperada en rápidamente en el transcurso del primer año del proyecto con la disminución del valor de sus facturas de consumo de energía eléctrica, a pesar que no exista venta de energía a la red de la EEQ

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en la línea ecuatorial, lo cual le permite recibir una cantidad alta de radiación solar, convirtiéndola en una zona con una fuente de gran potencial para la generación de electricidad a través de sistemas fotovoltaicos.

Las vallas publicitarias y señalización nocturna presentan la característica que su carga instalada es igual a la demanda.

Actualmente, el avance de la sociedad y tecnología ha permitido que las personas tomen conciencia por conservar el medio ambiente y reducir los costos de producción. Ha permitido estimular e implementar este tipo de generación, satisfaciendo el requerimiento propio de electricidad de forma total o parcialmente.

La implementación de generación distribuida en la red de distribución de la EEQ, puede ser conveniente, ya que se puede disminuir y aplazar las inversiones en repotenciación de líneas de distribución y disminución de pérdidas de energía. Sin embargo previo a la incorporación de está micro generación, el sistema de distribución de la EEQ debe someterse a un estudio principalmente en la bi-direccionalidad de los flujos de energía y coordinación de protecciones en su red para que toda esta generación pueda entrar al sistema sin presentar dificultades.

Los precios de los elementos que conforman el sistema de generación fotovoltaica han disminuido globalmente, en el caso de los rectificadores, reguladores y cargadores de baterías el universo de selección todavía es limitado en nuestro medio (110 V a 60 Hz), lo cual condiciona el diseño.

En nuestra región la instalación de los planes pilotos tienen precios de instalación muy elevados, debido a que los elementos deben ser diseñados y construidos de forma específica, ya que la producción industrial se enfoca en el mercado de consumo europeo y asiático (220 V; 50 Hz).

El presente proyecto es una aplicación que involucra las energías renovables no convencionales para generar y suministrar electricidad. El país en general se encuentra en una zona privilegiada del planeta, puede incorporarse con facilidad en varios lugares. Sobre todo en regiones aisladas, dando un nuevo concepto a la denominada “electrificación rural” permitiendo a las empresas de distribución garantizar el suministro de electricidad en sectores distantes, sin que esto signifique pérdidas económicas a la misma.

La generación de fuentes alternativas no convencionales, involucran altos costos en los estudios previos, construcción y operación. Por lo cual se requiere un precio preferencial para que puedan ser instalados.

Se recomienda las siguientes acciones:

En el país se han planteado campañas constantes para el uso eficiente de la energía, los cuales se han implementado y sus resultados han sido demostrados en las curvas de demanda. Sin embargo desde hace años atrás está en desarrollo el cambio de matriz productiva del país; lo cual estimula y obliga a reemplazar otros energéticos por la electricidad, lo cual nuevamente aumentará el consumo de electricidad y se reflejará en la curva de demanda. Llegando a punto en el que los planes de eficiencia energética ya no podrán continuar disminuyendo los valores de la demanda, es ahí cuando las instituciones correspondientes deberán tomar acciones y énfasis en planes de generación distribuida; que muy probablemente puede ayudar a controlar el requerimiento de energía en el sistema.

Es recomendable al desarrollar sistemas de generación en función de un recurso energético renovable no convencional, en este caso la fotovoltaica, verificar el funcionamiento previo

y someterlo a pruebas reales en el cual se evalué su rendimiento, para garantizar que la energía que se dirige a la red presente condiciones aceptables y tolerables.

Se recomienda no sobredimensionar los equipos, sobre todo en el regular o rectificador. Ya que esto puede producir que las pérdidas internas aumenten considerablemente, perdiendo eficiencia el sistema de generación.

El disminuir los costos en permisos, documentación y garantías para las concesiones de energías alternativas no convencionales, permitirán que sean sustentables y se tenga la iniciativa para la inversión.

A la fecha de finalización de este proyecto, algunas regulaciones del CONELEC, han sido revocadas o modificadas; pero las municipalidades o gobiernos provinciales podrían obligar, recomendar o financiar que sistemas de generación alternativos se implanten, ya que los mismos son accionistas de las empresas de distribución de energía locales o puedes hacerlo a través de ordenanzas municipales.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. R. Sánchez y C. R. SANCHEZ, «ACERCA DE LA POBLACION MUNDIAL,» <http://enroquedeciencia.blogspot.com/2011/05/acerca-de-la-poblacion-mundial-y-ii.html>, SEVILLA, 2011.
- [2] WWF, «PRESION DE CONSUMO,» NEW YORK, 1998.
- [3] E. CAAMAÑO MARTIN, EDIFICIOS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELECTRICA, MADRID, 2000.
- [4] D. M. D. QUITO, PUBLICACION DE ORDENANZAS MUNICIPALES, QUITO, 2014.
- [5] INDUVALLAS, «CATALOGO,» <http://www.induvallas.com/>, QUITO, 2014.
- [6] E. E. QUITO, «INFORME DE ACTIVIDADES 2013,» QUITO, 2013.
- [7] CENACE, «PLAN DE DESARROLLO ENERGETICO,» QUITO, 2012.
- [8] CONELEC, «REGULACIONES,» <http://www.conelec.gob.ec/>, QUITO , 2014.
- [9] C. PONCE CORRAL, PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, ZARAGOZA: UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, 2010.
- [10] C. R. PRADO MORA, DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA COMUNIDAD AISLADA, SAN JOSE: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, 2008.
- [11] INAMHI, «MAPAS DE IRRADIACIÓN SOLAR,» <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>, QUITO, 2000.
- [12] M. -. CLIMA, «CLIMA QUITO,» <http://weatherguide.com.hk/db/index.htm>, QUITO, 2014.
- [13] ELECTROLEG, «CATALOGO,» QUITO, 2014.
- [14] J. HERRERA, NORMATIVA CHILENA REFERIDA A GENERACIÓN DISTRIBUIDA COMO AGENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO, SANTIAGO DE CHILE: INGENIERIA CIVIL ELECTRICA, PUCV, 2009.
- [15] J. P. VALENCIA QUINTERO, GENERACIÓN DISTRIBUIDA: DEMOCRATIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2008.

- [16] C. A. DÍAZ DUARTE, MODELACIÓN DE UN COMPENSADOR ESTÁTICO PARA EL CONTROL DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA CON ENERGÍAS RENOVABLES, SANTIAGO DE CHILE: UNIVERSIDAD DE CHILE, 2009.
- [17] D. TREBOLLE, LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN ESPAÑA, MADRID: UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS , 2006.
- [18] O. MOLINA BOZA, DISEÑO DE UN PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO DE 100 KW, PROYECTO DE INVERSIÓN / IMPACTO AMBIENTAL, ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE MATARÓ, 2009.
- [19] L. PRAT VIÑAS, DIMENSIONADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, BARCELONA: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
- [20] J. R. HARO ORTUÑO, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA FAMILIAR UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO, ANDALUCIA: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA, 2012.
- [21] D. N. D. I. Y. ENERGÍA, GUIA TÉCNICA DE APLICACIÓN PARA INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES, GOBIERNO DE CANARIAS, 2002.
- [22] M. ALONSO ABELLA, DIMENSIONADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

## **ANEXOS**

## ANEXO A: CÁLCULO DE DEMANDA

- Tabla de Cálculo de la Demanda de la EEQ.

	EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.	NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN						REVISIÓN: 04
		PARTE A						
		GUÍA PARA DISEÑO						
ISO 9001-2000		CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03						FECHA: 2009-03-31
APENDICE A-11-D		PARAMETROS DE DISEÑO						
HOJA 1 DE 1		PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS DE DISEÑO PARA USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES						
NOMBRE DEL PROYECTO _____ N° DEL PROYECTO _____ LOCALIZACIÓN _____ USUARIO TIPO _____								
REGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			Cl (W)	FFU <sub>n</sub> (%)	CIR (W)	FS <sub>n</sub> (%)	DMU (W)
	DESCRIPCION	CANT	P <sub>n</sub> (W)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
TOTALES								
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA FP = 0,85      FACTOR DE DEMANDA FDM $\frac{DMU}{Cl} = (1)$ DMU (kVA) = _____ N = _____ FD = _____ DD (kVA) = _____								
NOTA: (1): El factor de demanda FDM para el usuario comercial representativo debe ser máximo 0,60.								

Tabla 1: Planilla para la Determinación de Demandas de Diseño para Usuarios Comerciales e Industriales  
 Fuente: Normas para Sistemas de Distribución de la E.E.Q. – Parte A – Guía para Diseño, 2009, Sección A – 11 Pág. 60.

- Pn: Es la potencia nominal de cada equipo eléctrico, en este caso de cada reflector.
- CI: La carga instalada, es el producto de potencia nominal del reflector por número de reflectores en cada valla publicitaria.
- FFU: el factor de frecuencia de uso es el 100%, esto a que no existe alternabilidad dentro de los mismos reflectores o aparatos eléctricos, en el encendido o apagado de los reflectores, los cuatro reflectores se encienden y apagan en el mismo instante y permanecen funcionando simultáneamente.
- CIR: la carga instalada representativa, es la multiplicación entre CI x FFU x 0,01. Este valor es igual a la carga instalada en este caso, ya que todos los reflectores se funcionan y encendidos al mismo tiempo.
- FS<sub>n</sub>: Se denomina factor de simultaneidad y se lo representa en porcentaje, relaciona el número de equipos o circuitos similares, en una determinada zona o área con el número de usuarios que requieren activarlos. Este valor es muy alto, ya que en la ciudad todas los paneles son encendidos por la noche.
- DMU: la demanda máxima unitaria, es el producto entre FS<sub>n</sub> x CIR x 0.01.
- FDM: factor de demanda es el resultado de dividir DMU para el CI
- DD: demanda de diseño, es la cantidad de energía que requiere los usuarios en una determinada zona o en un punto de conexión del SD.

# ANEXO B: REFLECTOR ACTUAL

- Hoja Técnica del Reflector Metal Halide de 400 W.



**DESCRIPCIÓN DE REFLECTOR**

- METAL HALIDE COVITE Metal Halide 250W
- 1600x150x100mm 150/250/400W
- METAL HALIDE 250/400W

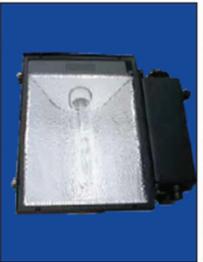
**Sócatos:** E39 ó E40

**Equipo Elektrico:** incorporado

**Altura de Montaje:** 8 A 12 m.

**REFLECTORES**

**JET 6**  
IP-66



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Cuerpo, marco y caja portaequipo en aluminio inyectado, pintado con polvo de políster al horno resistente a condiciones ambientales extremas. Color negro.
- Caja portaequipo aislada térmicamente del cuerpo del proyector con tapa de polipropileno reforzado resistente a altas temperaturas.
- Sistema óptico fabricado en aluminio de alta pureza, en acabado brillantes y oxidado anódicamente (anodizado).
- Vidrio frontal templado resistente al shock térmico, sellado al marco de la tapa garantizando total hermeticidad contra el polvo y agua (grado de protección IP65 según norma IEC529).
- Brazo de fijación fabricado en acero zincado y pintado con polvo de políster.
- Escala goniométrica para orientación vertical.
- Bandeja portaequipo en acero galvanizado fácilmente extraíble, prevista con regleta de conexión (incluye punto para conexión a tierra).
- Sócate de porcelana rosca E40 (rosca E39 según requerimientos).



**REFLECTORES**

**JET 6**  
IP-65



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Prensastopa para cable de alimentación PGI 335.
- Muy liviano (8,56 Kg. Sin equipo eléctrico).
- Equipo eléctrico de alta eficiencia formado por balasto, condensador e ignitor.
- Altura de montaje mínima recomendada es de 6 metros.

**SISTEMA ÓPTICO**

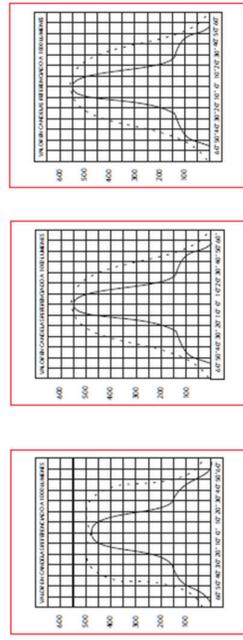
Se presenta en dos versiones:

- Óptica tipo espejular: pulida, haz luminoso simétrico semi-estrecho.
- Óptica tipo marellado: haz luminoso simétrico semi-ancho.

Por medio del fleje de aluminio pulido en la parte superior del reflector, se logra una optima eficiencia, direccionando el flujo luminoso totalmente hacia el área a iluminar. (Incrementa el factor de utilización).

**APLICACIONES**

- Grandes áreas, alumbrado deportivo, edificios, monumentos, estacionamientos, muelles, almacenes, astilleros, zonas de circulación, exposiciones, etc.

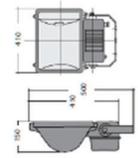


**METAL HALIDE 400W - E40**

**SODIO TUBULAR 400W - E40**

**SODIO TUBULAR 250W - E40**

**DIMENSIONES FÍSICAS**

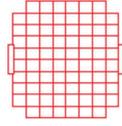


CLASE II	IK 08
CLASE I	IP65

CODIGO	KIT DE FUNCIONAMIENTO	RECIO (kg)	RECIOR (cm)
J50	5m Equipo	5,5	5,5
J51	250W Mercurio 208-240V	8,38	8,38
J52	250W Mercurio 208-240V	9,41	9,41
J62	400W Mercurio 208-240V	9,43	9,43
J63	400W Mercurio 277V	9,43	9,43
J64	150W Sodio 208-240V	8,24	8,24
J65	150W Sodio 277V	8,24	8,24
J66	250W Sodio 208-240V	9,43	9,43
J67	250W Sodio 277V	9,43	9,43
J68	400W Sodio 208-240V	10,55	10,55
J69	400W Sodio 277V	10,55	10,55
J78	250W MH 12,1 Amps 208-240V	8,37	8,37
J79	250W MH 12,1 Amps 277V	8,63	8,63
J80	250W MH 13,0 Amps 208-240V	9,42	9,42
J81	250W MH 13,0 Amps 277V	9,42	9,42
J82	400W MH 13,2 Amps 208-240V	9,49	9,49
J83	400W MH 13,2 Amps 277V	9,51	9,51
J84	400W MH 14,0 Amps 208-240V	9,54	9,54
J85	400W MH 14,0 Amps 277V	10,06	10,06
J86	400W MH 13,7 Amps 480V	13,00	13,00

CODIGO	KIT DE FUNCIONAMIENTO	RECIO (kg)	RECIOR (cm)
J87	SOBRECUBIERTA	11,11	11,11

Además son disponibles como repuestos: balastos, condensadores e ignitores para cualquier modelo.



**Rejilla de Protección**



L I G H T I N G

**Ordering Guide**

**Luminaires Aluminium and Acrylic Reflectors**

Category No.	HB Aluminium Bulbcap Series
HB250MH	250W Metal Halide High Bay Complete
HB400MH	400W Metal Halide High Bay Complete
HB400MHHSUS	250W Metal Halide High Bay Complete with 150W Standby
HB400MHHSUS	400W Metal Halide High Bay Complete with 150W Standby

**HID Luminaires Acrylic Reflectors**

250W and 400W fittings complete with E40 elliptical lamp

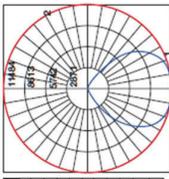
Category No.	HB Acrylic Bulbcap Series
HB250MH	250W Metal Halide High Bay Complete
HB400MH	400W Metal Halide High Bay Complete
HB400MH	Acrylic Bay Unit and Mounting Frame E-Self Above

Standard Dimensions	= 400mm LD
---------------------	------------

**Installation/Mounting**

Suspended from 7m up to 20m  
Suspension hook supplied

**LCS Summary**



LED Beam	Beam %	Temp. °C	Temp. °F
HL 1000	40.0	12.7	54.9
HL 1200	48.0	12.7	54.9
HL 1400	56.0	12.7	54.9
HL 1600	64.0	12.7	54.9
HL 1800	72.0	12.7	54.9
HL 2000	80.0	12.7	54.9
HL 2200	88.0	12.7	54.9
HL 2400	96.0	12.7	54.9
HL 2600	100.0	12.7	54.9
HL 2800	100.0	12.7	54.9
HL 3000	100.0	12.7	54.9
HL 3200	100.0	12.7	54.9
HL 3400	100.0	12.7	54.9
HL 3600	100.0	12.7	54.9
HL 3800	100.0	12.7	54.9
HL 4000	100.0	12.7	54.9
HL 4200	100.0	12.7	54.9
HL 4400	100.0	12.7	54.9
HL 4600	100.0	12.7	54.9
HL 4800	100.0	12.7	54.9
HL 5000	100.0	12.7	54.9
HL 5200	100.0	12.7	54.9
HL 5400	100.0	12.7	54.9
HL 5600	100.0	12.7	54.9
HL 5800	100.0	12.7	54.9
HL 6000	100.0	12.7	54.9
HL 6200	100.0	12.7	54.9
HL 6400	100.0	12.7	54.9
HL 6600	100.0	12.7	54.9
HL 6800	100.0	12.7	54.9
HL 7000	100.0	12.7	54.9
HL 7200	100.0	12.7	54.9
HL 7400	100.0	12.7	54.9
HL 7600	100.0	12.7	54.9
HL 7800	100.0	12.7	54.9
HL 8000	100.0	12.7	54.9
HL 8200	100.0	12.7	54.9
HL 8400	100.0	12.7	54.9
HL 8600	100.0	12.7	54.9
HL 8800	100.0	12.7	54.9
HL 9000	100.0	12.7	54.9
HL 9200	100.0	12.7	54.9
HL 9400	100.0	12.7	54.9
HL 9600	100.0	12.7	54.9
HL 9800	100.0	12.7	54.9
HL 10000	100.0	12.7	54.9
HL 10200	100.0	12.7	54.9
HL 10400	100.0	12.7	54.9
HL 10600	100.0	12.7	54.9
HL 10800	100.0	12.7	54.9
HL 11000	100.0	12.7	54.9
HL 11200	100.0	12.7	54.9
HL 11400	100.0	12.7	54.9
HL 11600	100.0	12.7	54.9
HL 11800	100.0	12.7	54.9
HL 12000	100.0	12.7	54.9
HL 12200	100.0	12.7	54.9
HL 12400	100.0	12.7	54.9
HL 12600	100.0	12.7	54.9
HL 12800	100.0	12.7	54.9
HL 13000	100.0	12.7	54.9
HL 13200	100.0	12.7	54.9
HL 13400	100.0	12.7	54.9
HL 13600	100.0	12.7	54.9
HL 13800	100.0	12.7	54.9
HL 14000	100.0	12.7	54.9
HL 14200	100.0	12.7	54.9
HL 14400	100.0	12.7	54.9
HL 14600	100.0	12.7	54.9
HL 14800	100.0	12.7	54.9
HL 15000	100.0	12.7	54.9
HL 15200	100.0	12.7	54.9
HL 15400	100.0	12.7	54.9
HL 15600	100.0	12.7	54.9
HL 15800	100.0	12.7	54.9
HL 16000	100.0	12.7	54.9
HL 16200	100.0	12.7	54.9
HL 16400	100.0	12.7	54.9
HL 16600	100.0	12.7	54.9
HL 16800	100.0	12.7	54.9
HL 17000	100.0	12.7	54.9
HL 17200	100.0	12.7	54.9
HL 17400	100.0	12.7	54.9
HL 17600	100.0	12.7	54.9
HL 17800	100.0	12.7	54.9
HL 18000	100.0	12.7	54.9
HL 18200	100.0	12.7	54.9
HL 18400	100.0	12.7	54.9
HL 18600	100.0	12.7	54.9
HL 18800	100.0	12.7	54.9
HL 19000	100.0	12.7	54.9
HL 19200	100.0	12.7	54.9
HL 19400	100.0	12.7	54.9
HL 19600	100.0	12.7	54.9
HL 19800	100.0	12.7	54.9
HL 20000	100.0	12.7	54.9
HL 20200	100.0	12.7	54.9
HL 20400	100.0	12.7	54.9
HL 20600	100.0	12.7	54.9
HL 20800	100.0	12.7	54.9
HL 21000	100.0	12.7	54.9
HL 21200	100.0	12.7	54.9
HL 21400	100.0	12.7	54.9
HL 21600	100.0	12.7	54.9
HL 21800	100.0	12.7	54.9
HL 22000	100.0	12.7	54.9
HL 22200	100.0	12.7	54.9
HL 22400	100.0	12.7	54.9
HL 22600	100.0	12.7	54.9
HL 22800	100.0	12.7	54.9
HL 23000	100.0	12.7	54.9
HL 23200	100.0	12.7	54.9
HL 23400	100.0	12.7	54.9
HL 23600	100.0	12.7	54.9
HL 23800	100.0	12.7	54.9
HL 24000	100.0	12.7	54.9
HL 24200	100.0	12.7	54.9
HL 24400	100.0	12.7	54.9
HL 24600	100.0	12.7	54.9
HL 24800	100.0	12.7	54.9
HL 25000	100.0	12.7	54.9
HL 25200	100.0	12.7	54.9
HL 25400	100.0	12.7	54.9
HL 25600	100.0	12.7	54.9
HL 25800	100.0	12.7	54.9
HL 26000	100.0	12.7	54.9
HL 26200	100.0	12.7	54.9
HL 26400	100.0	12.7	54.9
HL 26600	100.0	12.7	54.9
HL 26800	100.0	12.7	54.9
HL 27000	100.0	12.7	54.9
HL 27200	100.0	12.7	54.9
HL 27400	100.0	12.7	54.9
HL 27600	100.0	12.7	54.9
HL 27800	100.0	12.7	54.9
HL 28000	100.0	12.7	54.9
HL 28200	100.0	12.7	54.9
HL 28400	100.0	12.7	54.9
HL 28600	100.0	12.7	54.9
HL 28800	100.0	12.7	54.9
HL 29000	100.0	12.7	54.9
HL 29200	100.0	12.7	54.9
HL 29400	100.0	12.7	54.9
HL 29600	100.0	12.7	54.9
HL 29800	100.0	12.7	54.9
HL 30000	100.0	12.7	54.9
HL 30200	100.0	12.7	54.9
HL 30400	100.0	12.7	54.9
HL 30600	100.0	12.7	54.9
HL 30800	100.0	12.7	54.9
HL 31000	100.0	12.7	54.9
HL 31200	100.0	12.7	54.9
HL 31400	100.0	12.7	54.9
HL 31600	100.0	12.7	54.9
HL 31800	100.0	12.7	54.9
HL 32000	100.0	12.7	54.9
HL 32200	100.0	12.7	54.9
HL 32400	100.0	12.7	54.9
HL 32600	100.0	12.7	54.9
HL 32800	100.0	12.7	54.9
HL 33000	100.0	12.7	54.9
HL 33200	100.0	12.7	54.9
HL 33400	100.0	12.7	54.9
HL 33600	100.0	12.7	54.9
HL 33800	100.0	12.7	54.9
HL 34000	100.0	12.7	54.9
HL 34200	100.0	12.7	54.9
HL 34400	100.0	12.7	54.9
HL 34600	100.0	12.7	54.9
HL 34800	100.0	12.7	54.9
HL 35000	100.0	12.7	54.9
HL 35200	100.0	12.7	54.9
HL 35400	100.0	12.7	54.9
HL 35600	100.0	12.7	54.9
HL 35800	100.0	12.7	54.9
HL 36000	100.0	12.7	54.9
HL 36200	100.0	12.7	54.9
HL 36400	100.0	12.7	54.9
HL 36600	100.0	12.7	54.9
HL 36800	100.0	12.7	54.9
HL 37000	100.0	12.7	54.9
HL 37200	100.0	12.7	54.9
HL 37400	100.0	12.7	54.9
HL 37600	100.0	12.7	54.9
HL 37800	100.0	12.7	54.9
HL 38000	100.0	12.7	54.9
HL 38200	100.0	12.7	54.9
HL 38400	100.0	12.7	54.9
HL 38600	100.0	12.7	54.9
HL 38800	100.0	12.7	54.9
HL 39000	100.0	12.7	54.9
HL 39200	100.0	12.7	54.9
HL 39400	100.0	12.7	54.9
HL 39600	100.0	12.7	54.9
HL 39800	100.0	12.7	54.9
HL 40000	100.0	12.7	54.9
HL 40200	100.0	12.7	54.9
HL 40400	100.0	12.7	54.9
HL 40600	100.0	12.7	54.9
HL 40800	100.0	12.7	54.9
HL 41000	100.0	12.7	54.9
HL 41200	100.0	12.7	54.9
HL 41400	100.0	12.7	54.9
HL 41600	100.0	12.7	54.9
HL 41800	100.0	12.7	54.9
HL 42000	100.0	12.7	54.9
HL 42200	100.0	12.7	54.9
HL 42400	100.0	12.7	54.9
HL 42600	100.0	12.7	54.9
HL 42800	100.0	12.7	54.9
HL 43000	100.0	12.7	54.9
HL 43200	100.0	12.7	54.9
HL 43400	100.0	12.7	54.9
HL 43600	100.0	12.7	54.9
HL 43800	100.0	12.7	54.9
HL 44000	100.0	12.7	54.9
HL 44200	100.0	12.7	54.9
HL 44400	100.0	12.7	54.9
HL 44600	100.0	12.7	54.9
HL 44800	100.0	12.7	54.9
HL 45000	100.0	12.7	54.9
HL 45200	100.0	12.7	54.9
HL 45400	100.0	12.7	54.9
HL 4560			

**Producto Fabricado Por**  
Product manufactured by



JOLLY

**Dimensiones (mm)**  
Dimensions (mm)

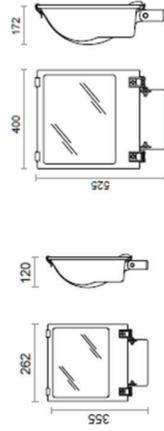


Fig. 2a. JOLLY 1

Fig. 2b. JOLLY 2

**Código Luminaria**  
Lighting Code

Código Code	Artículo Item
7081948008	PROYECTOR 1 JOLLY ASIM VACIO
7081948009	PROYECTOR 1 JOLLY SIM VACIO
7081948010	PROYECTOR 2 JOLLY ASIM VACIO
7081948011	PROYECTOR 2 JOLLY SIM VACIO

Tabla 1 / Table 1

**Características de Fabricación**  
Manufacturing

- Cuerpo fundido en aluminio con un tratamiento en fosforización y pintado en polvo de poliéster color gris, resistente a la corrosión.
- Reflector en aluminio puro anodizado y abreluzado.
- Clips de fijación de la lámpara en aluminio, incorporado al cuerpo de la luminaria.
- Junta de muelle de silicona impermeable.
- Clips de cierras imperdibles en extrusión de aluminio, con muelles inox.
- Lira en acero pintada en gris.
- Tornillos exteriores de acero inoxidable.

**Equipo Eléctrico**  
Electrical Equipment

**Bombillas (NoIncluido)**  
HQL-TS 6 HQL-TS 70W-150W  
Promedio vida útil 10,000 horas  
IRC Superior al 90%

HIT 6 CHIT 70W-150W  
Promedio vida útil 10,000 horas  
IRC hasta el 100%

JOLLY



**BALASTO:** (No Include) Balasto compacto electrónico 70 HHHS 70W - 220V 60Hz, 1.8Amp. Temperatura de trabajo 130°C \*\*

\*\*Se requiere los siguientes componentes adicionales.



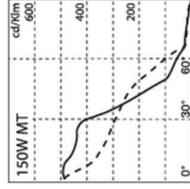
**CONDENSADOR**  
Condensador de 10µF - 330V (70 W) el cual come el factor de potencia del equipo



**INICIADOR:**  
Iniciador HQI 70/400W IMC.

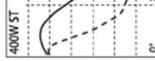
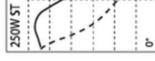
**Curva Fotométrica**  
Photometric Curve

**SIMETRICA**  
July 1



Metal Halógeno HQI-TS 70W

July 2



Metal Halógeno HQI-TS 150W

Metal Halógeno HQI-TS 150W

JOLLY

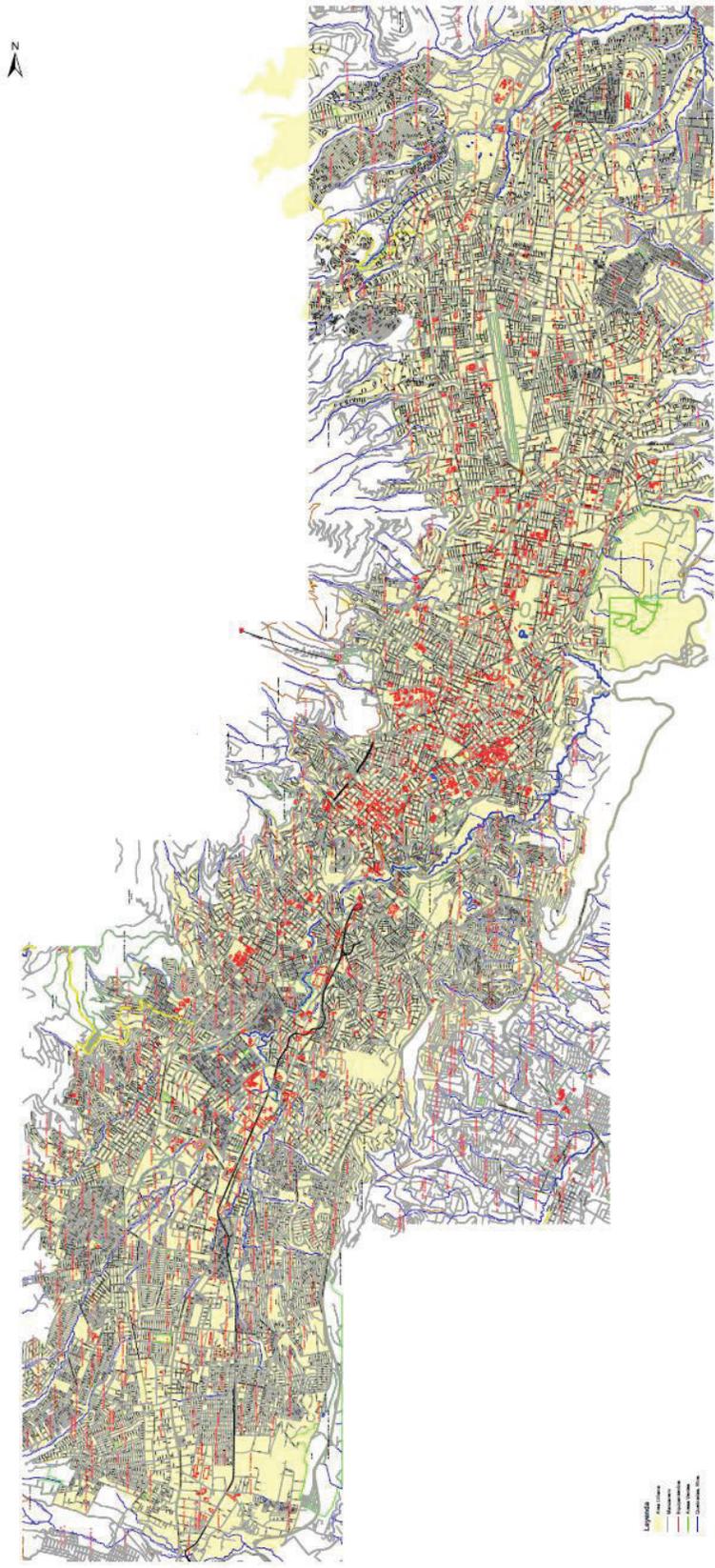
File: Encabezado de fichero (formato de HQI) 12/27/21 E.S.A.  
Elaborado en Word a partir de datos de HQI 12/27/21 E.S.A.  
Este documento puede ser usado, prohibido su uso de reproducción de HQI 12/27/21 E.S.A.

File: Encabezado de fichero (formato de HQI) 12/27/21 E.S.A.  
Elaborado en Word a partir de datos de HQI 12/27/21 E.S.A.  
Este documento puede ser usado, prohibido su uso de reproducción de HQI 12/27/21 E.S.A.



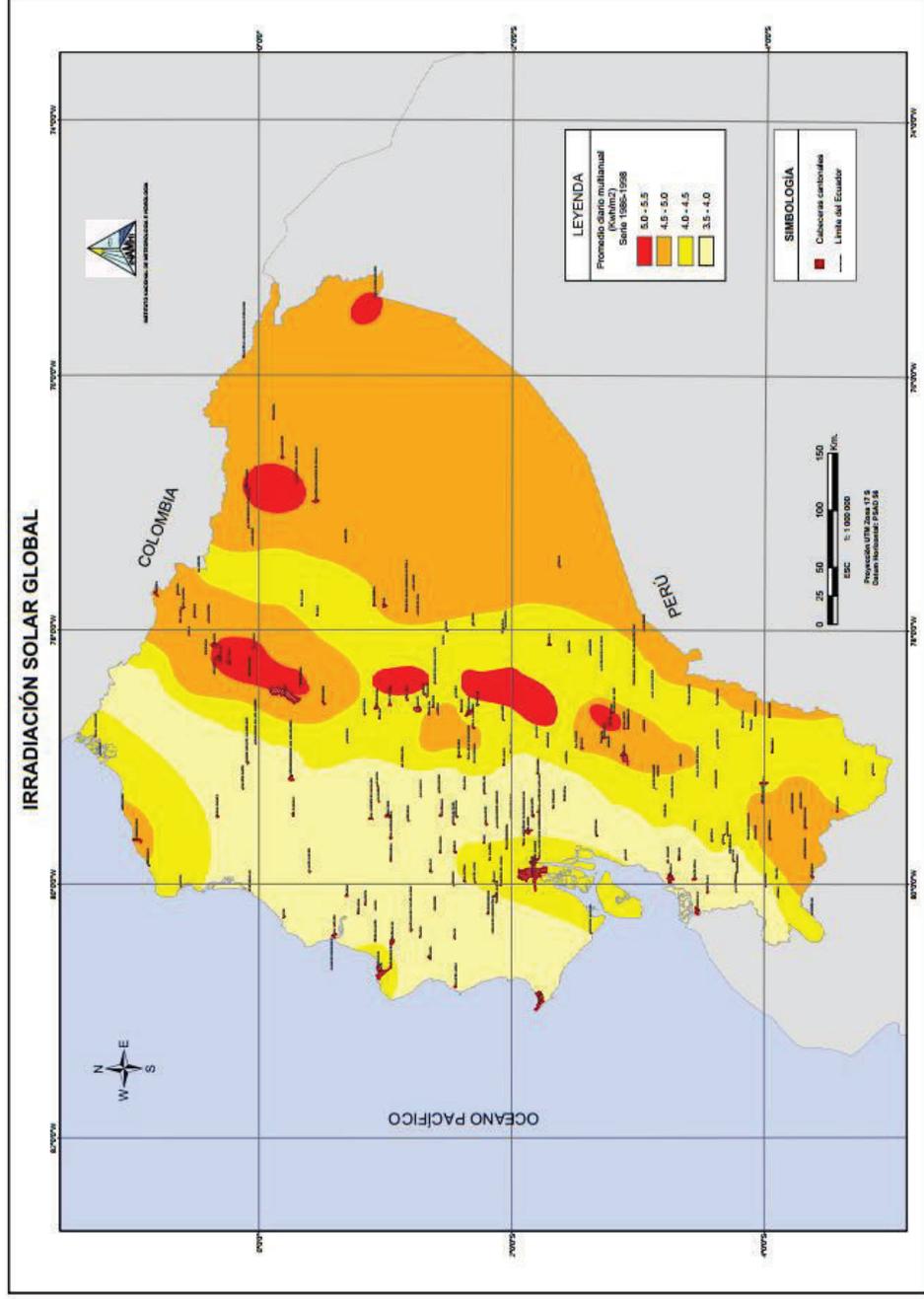
### ANEXO C: MAPA DE LA CUIDAD

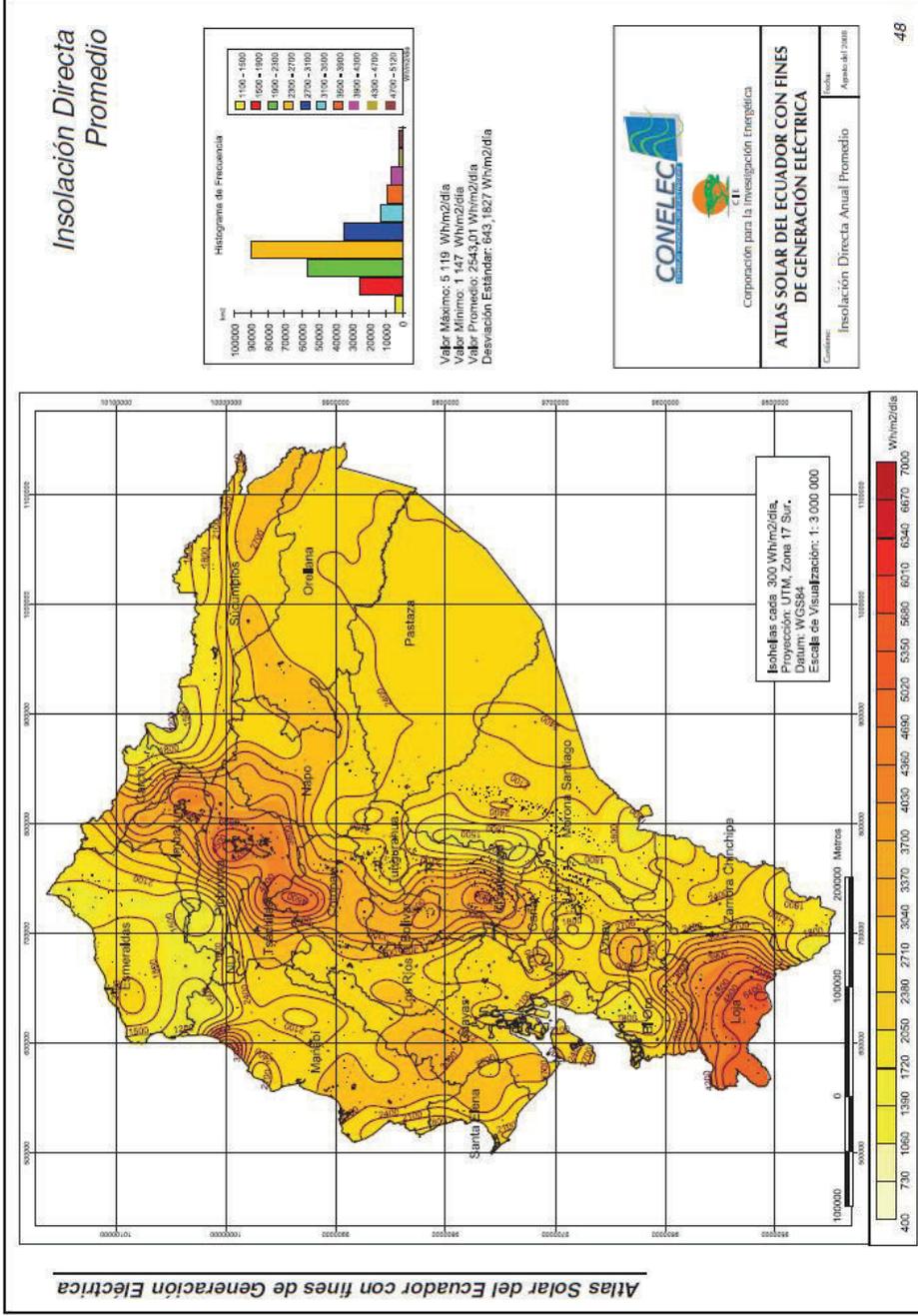
- Mapa del Distrito Metropolitano de Quito



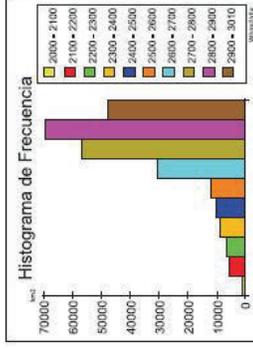
## ANEXO D: DATOS DE RADIACIÓN

- Radiación Solar





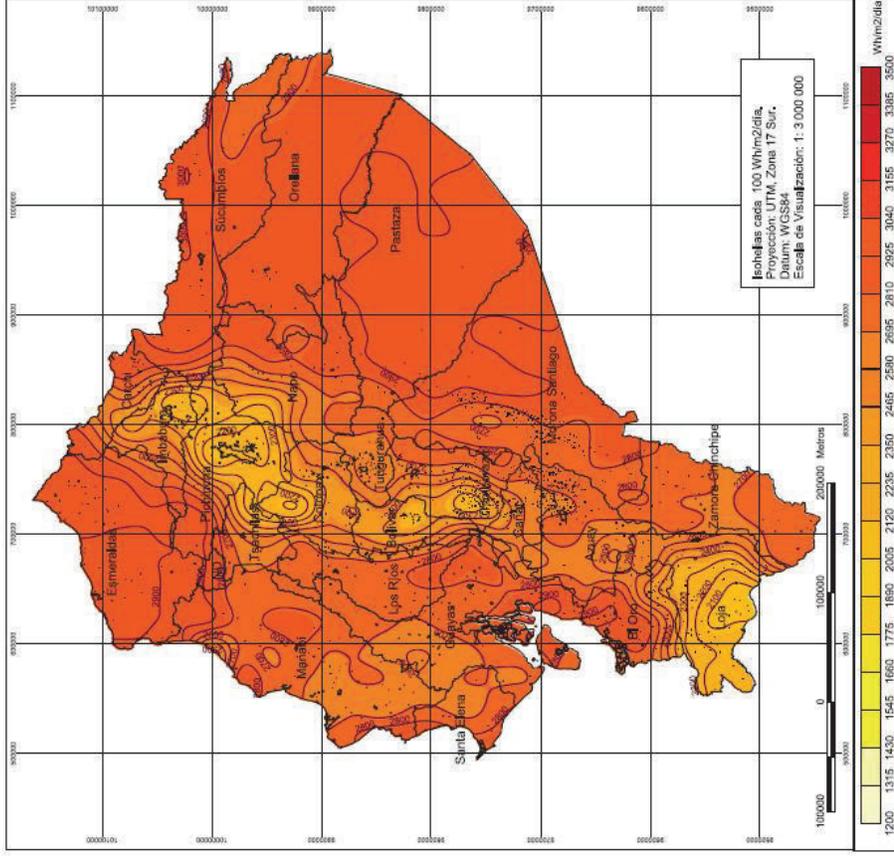
# Insolación Difusa Promedio



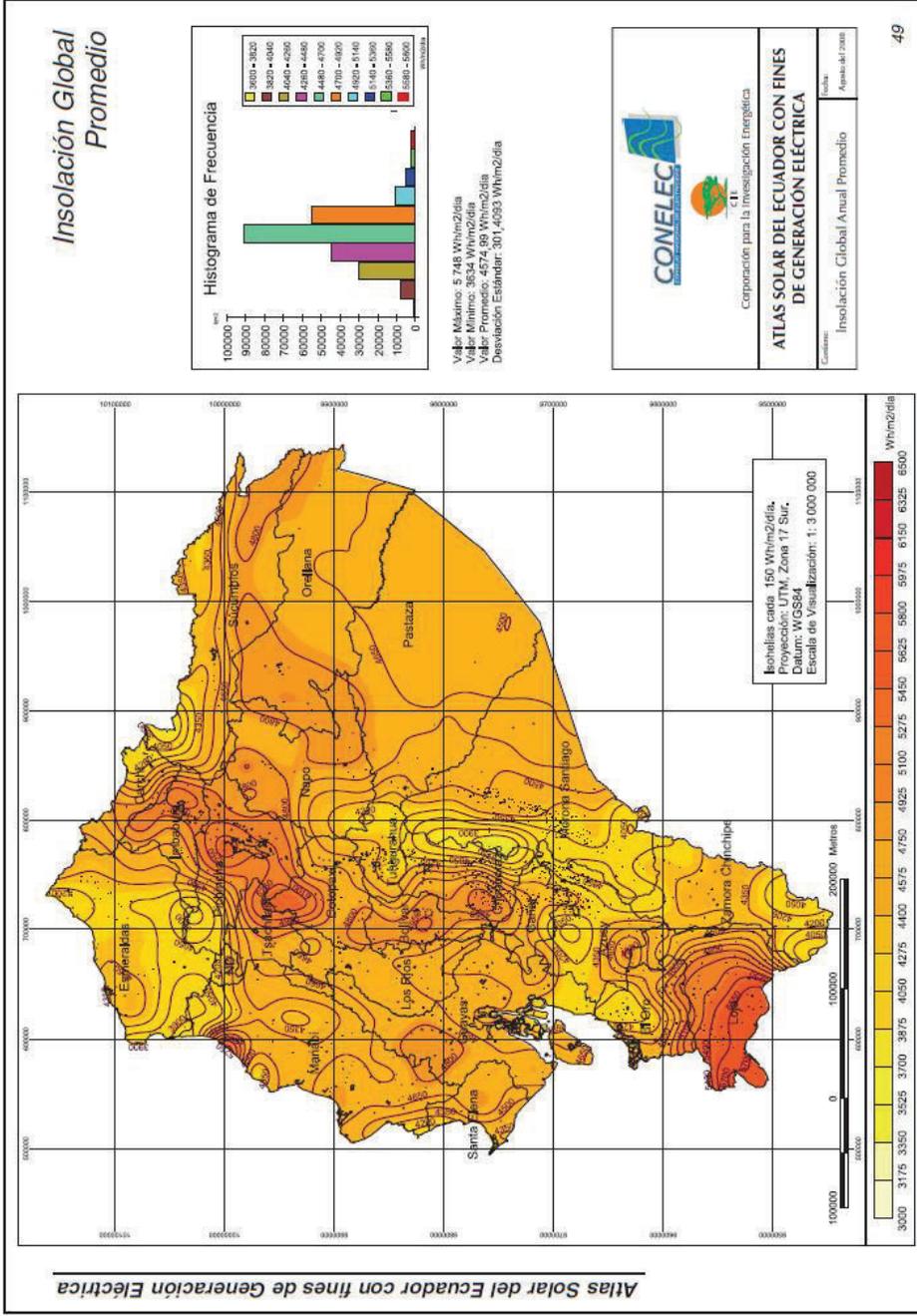
Valor Máximo: 3 105 Wh/m<sup>2</sup>/día  
 Valor Mínimo: 2 032 Wh/m<sup>2</sup>/día  
 Valor Promedio: 2 737 05 Wh/m<sup>2</sup>/día  
 Desviación Estándar: 196 8432 Wh/m<sup>2</sup>/día

**ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA**

Insolación Difusa Anual Promedio

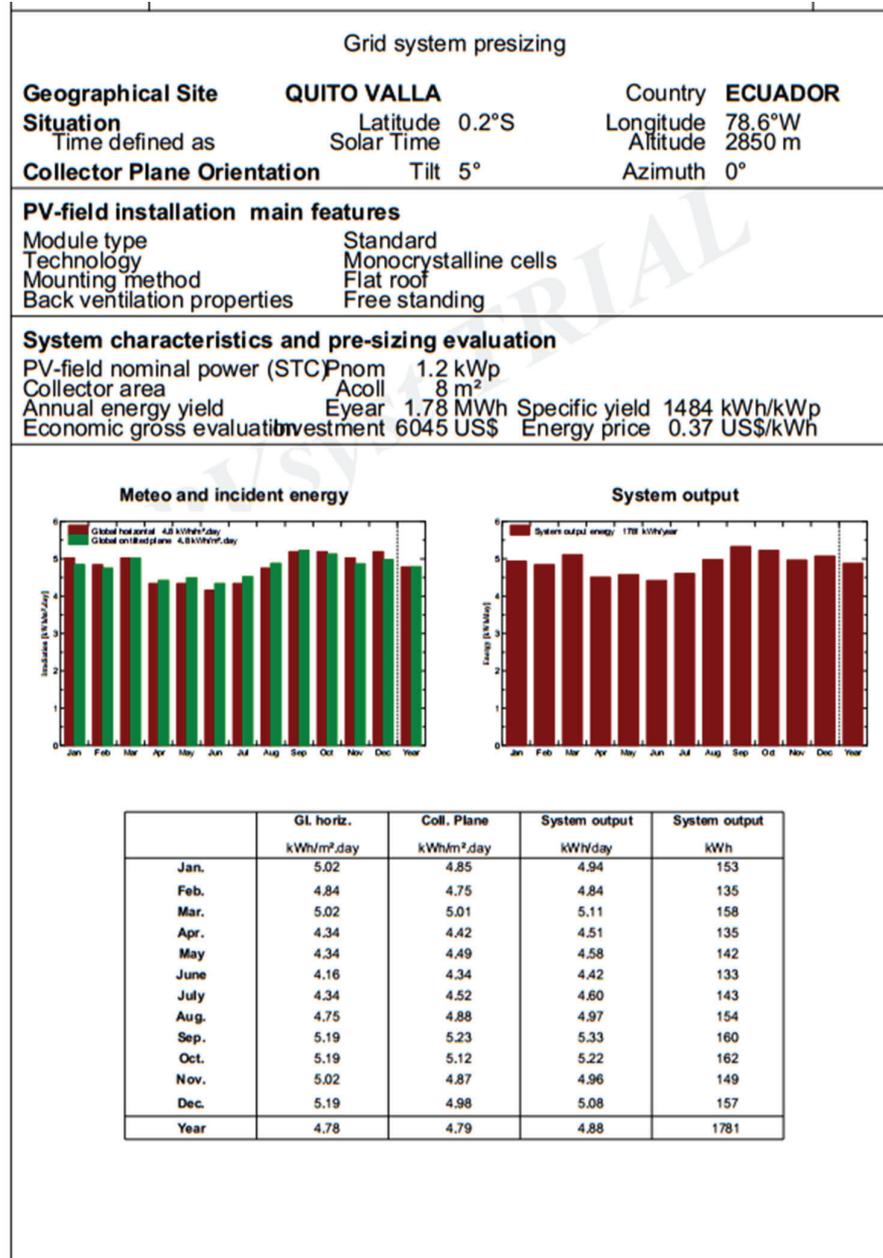


Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica

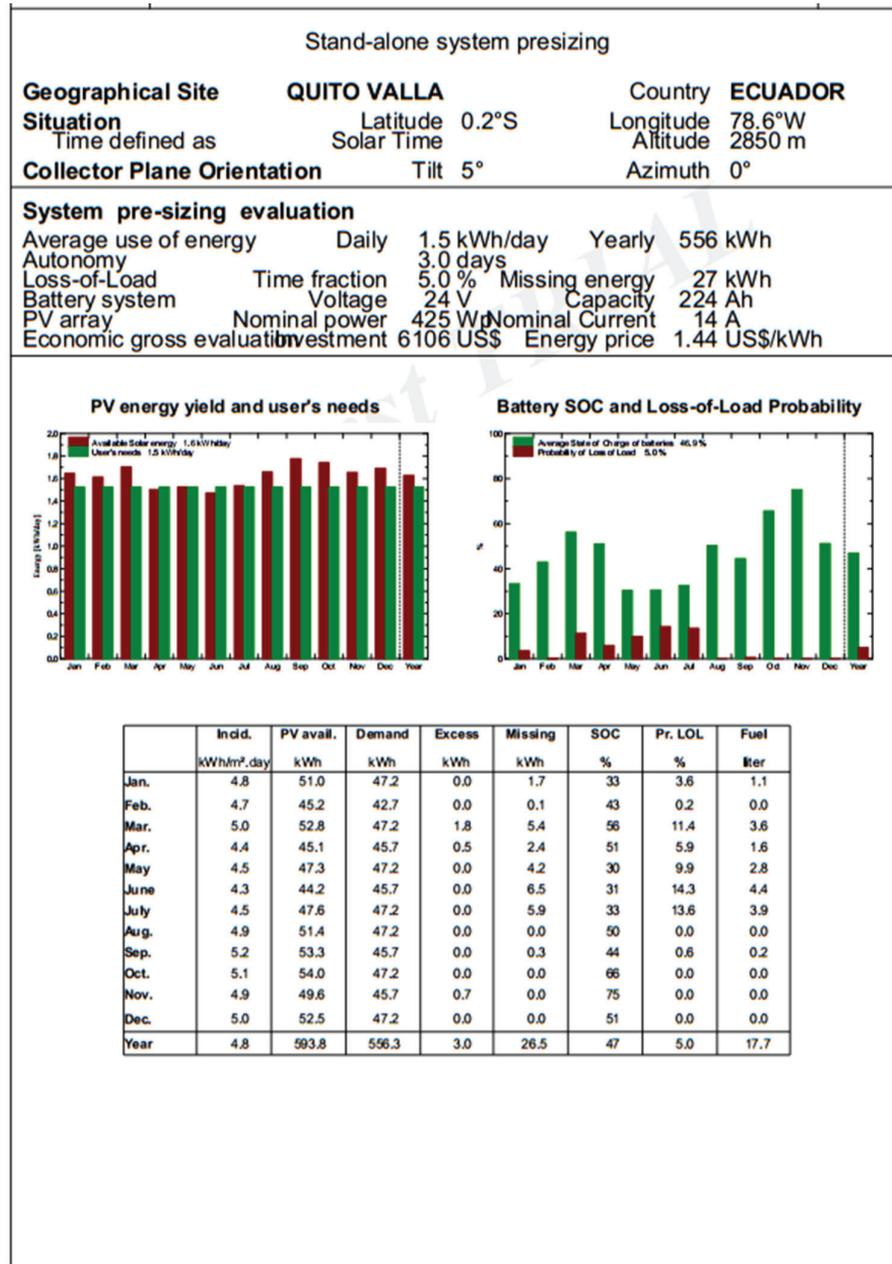


## ANEXO E: SIMULACIÓN DEL PREDIMENSIONAMIENTO

- CASO 1



- CASO 2



- CASO 3

**Grid system presizing**

<b>Geographical Site</b>	<b>QUITO VALLA</b>	<b>Country</b>	<b>ECUADOR</b>
<b>Situation</b>	Latitude 0.2°S	Longitude	78.6°W
Time defined as	Solar Time	Altitude	2850 m
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt 5°	Azimuth	0°

---

**PV-field installation main features**

Module type	Standard
Technology	Monocrystalline cells
Mounting method	Flat roof
Back ventilation properties	Ventilated

---

**System characteristics and pre-sizing evaluation**

PV-field nominal power (STC) P <sub>nom</sub>	9.4 kWp
Collector area A <sub>coll</sub>	59 m <sup>2</sup>
Annual energy yield	Year 13.8 MWh
Economic gross evaluation investment	38079 US\$
Specific yield	1469 kWh/kWp
Energy price	0.29 US\$/kWh

---

**Meteo and incident energy**

**System output**

	GI. horiz.	Coll. Plane	System output	System output
	kWh/m <sup>2</sup> .day	kWh/m <sup>2</sup> .day	kWh/day	kWh
Jan.	5.02	4.85	38.27	1187
Feb.	4.84	4.75	37.51	1060
Mar.	5.02	5.01	39.60	1228
Apr.	4.34	4.42	34.93	1048
May	4.34	4.49	35.47	1100
June	4.16	4.34	34.26	1028
July	4.34	4.52	35.67	1106
Aug.	4.75	4.88	38.54	1195
Sep.	5.19	5.23	41.31	1239
Oct.	5.19	5.12	40.48	1255
Nov.	5.02	4.87	38.46	1154
Dec.	5.19	4.98	39.35	1220
Year	4.78	4.79	37.83	13808

PV Syst Evaluation mode

## ANEXO F: REFLECTOR LED

- Datasheet de la Luminaria Led Seleccionada

REF: 51207 / 51207A / 51207B / 51207C / 51207D / 51207E / 51207F

### Ficha Técnica

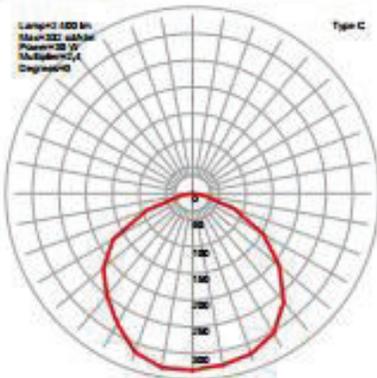
Reflector LED 30W



Usa un solo LED de alta potencia de 30W como fuente de iluminación, hasta 3000lm. Ahorra entre el 50 y el 70% en el costo de la electricidad. Es totalmente amigable con el medio ambiente. No produce rayos UV, IR ni contiene plomo o mercurio. Cuenta con una garantía Limitada de 2 Años.

Características
Fotometría

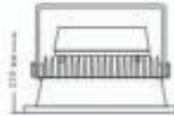
**LED Fuente:** Un solo LED de alta potencia (30W).  
**Eficiencia luminica:** 90lm/W, Hasta 3000 lm.  
**Voltaje de entrada:** AC(110-230V)  
**Frecuencia:** (50/60 hz)  
**Factor de poder (PF):** ≥0.9  
**Angulo de apertura:** 100°x 50°  
**Índice Color Rendering:** >80  
**Temperatura de color:** 3000K - 5700K  
**Peso Neto (kg):** 2,3 Kg  
**Nivel IP:** IP 65  
**Amigable con el ambiente:** No produce rayos UV, IR, no contiene plomo o mercurio.  
**Resistente al agua.**





Dimensiones
Dimensiones







Modelo:	REFLECTOR LED 30W
Potencia:	30W
Voltaje de funcionamiento:	AC 110 -230V
Frecuencia:	(50Hz-60Hz)
La eficiencia del suministro de energía:	> 90%
Eficacia luminosa:	80LM / W
Luminaria eficiencia:	> 90 LM/W . Hasta 1000 lm.
Índice de reproducción cromática:	80
Temperatura de color:	3000-7000K
Temperatura de funcionamiento:	-40 C -55 C
Vida útil / IP:	50.000 H
Peso neto:	2,3 Kg




# ANEXO G: PANELES SOLARES

- Panel seleccionado para el caso 1 y 3



**FULL BLACK MODULE  
LDK-195D-24(s) Professional Series**



**PRODUCT HIGHLIGHTS**

- Best efficiency and reliability with a modern and attractive black look
- Designed to be the perfect module for rooftop and residential roof
- Based on strict demands to reach architectural appearance requirements
- Highlights: elegant, modern and attractive

**WARRANTIES**

- 10 years for product defects in materials & workmanship

**Linear Power Warranty**

- Year 1: power output not below 95.5% of Nominal Output
- From year 2 up to year 25: power output yearly decrease of 0.68%
- Year 25: power output not below 80.18% of Nominal Output

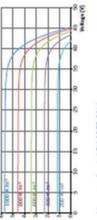
**CERTIFICATES**

- IEC EN 61215, IEC EN 61730-1, 2, CE Conformity
- UL 1703 2002/03/15 Ed-3 Rev-2008/04/08
- ULC/ORD-C1703-01 second edition 2001/01/01
- UL and Canadian standard for safety flat-plate
- CEC Listed: modules are eligible for California rebates
- MCS The Microgeneration Certification Scheme UK
- ISO 9001:2008 Quality Management System
- PV CYCLE: voluntary module take back and recycling program

**PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE**

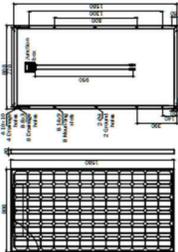


**I-V CURVE AT DIFFERENT IRRADIANCE LEVELS**



Below graphs according to LDK-195D-24(s)

**DIMENSIONS**



Tolerance of length and width dimensions is ± 2 mm

LDK-195D-24(s), LDK-195D-36(s), LDK-300D-24(s)





**FULL BLACK MODULE  
LDK-195D-24(s) Professional Series**

**ELECTRIC CHARACTERISTICS (STC\*)**

TYPE	1800-24(s)	195D-24(s)	2000-24(s)
Nominal Power (P <sub>max</sub> ) [W]	190	195	200
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mp</sub> ) [V]	36.0	36.4	36.9
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mp</sub> ) [A]	5.30	5.37	5.44
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ) [V]	44.9	45.2	45.4
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> ) [A]	5.69	5.74	5.80
Tolerance on Nominal Power [W]	-0/+5	-0/+5	-0/+5
Maximum System Voltage	IEC EN: 1000 V / UL: 600 V		
Cell Efficiency [%]	17.04	17.49	17.94
Module Efficiency [%]	14.88	15.27	15.67

STC\*: Standard Test Conditions: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>; Module Temperature 25 °C; Air Mass 1.5  
Cells in Class AA; Load simulator (IEC 60904-9) max. power measurement uncertainty is within ± 0.5%

**ELECTRICAL PERFORMANCE AT NOCT**

TYPE	1800-24(s)	195D-24(s)	2000-24(s)
Power Output (P <sub>max</sub> ) [W]	188	191	195
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mp</sub> ) [V]	35.9	36.3	36.8
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mp</sub> ) [A]	5.24	5.26	5.28
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ) [V]	41.4	41.7	41.9
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> ) [A]	6.01	6.04	6.06

NOCT\*: Nominal Operating Cell Temperature: 45 °C; Test Load: 1 Ω  
Cells in Class AA; Load simulator (IEC 60904-9) max. power measurement uncertainty is within ± 0.5%

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

TYPE	LDK-24(s) Series	LDK-24(s) Series
NOCT**	45.5 °C	
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.47% / °C	
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.38% / °C	
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	0.05% / °C	
Maximum Series Fuse Rating	20 A	
Operating Temperature	From -40 to +85 °C	
Storage Temperature	From -40 to +100 °C	
NOCT** (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m <sup>2</sup> ; Air 20 °C; Load 1 Ω (1 Ω)		

**MECHANICAL CHARACTERISTICS**

TYPE	LDK-24(s) Series
Solar Cells	72 (6x12) monocrystalline silicon solar cells 125 x 125 mm
Frost Glass	3.2 mm thick, tempered glass / Air coating glass
Backsheet	TPT (High-PE/ET Backery) / BGF
Encapsulant	EVA (ethylene vinyl acetate)
Frame	Double layer anodized aluminum alloy
Diodes	3 irreversible bypass diodes
Junction Box	IP65 rated
Connectors	MCS or compatible connectors
Cables	Length: 590 mm / Section: 4.0 mm <sup>2</sup>
Dimensions	1580 x 808 x 40 mm / 62.20 x 31.81 x 1.57 in
Weight	15.6 kg / 34.2 lb
Max. Load	Wind Load: 2400 Pa / Snow Load: 5400 Pa

**PACKING CONFIGURATION**

TYPE	LDK-24(s) Series
Packing Configuration	25 pcs / case
Quantity / Pallet	50 pcs / pallet
Loading Capacity	700 pcs / 40 ft (High Cube Container)

LDK Solar reserves the right to make specifications changes without any prior notice.

www.ldxsolar.com

- Panel seleccionado para el caso 2



**LDK 260-235**  
60-cell Multicrystalline PV Module Series

**QUALITY & EFFICIENCY BENEFITS**

**Up to 18% Cell efficiency**  
Highest performance enabled by the latest LDK Solar Water Technology

**0.5 kg Weight reduction**  
New lighter frames design, reduced weight enables easier handling for installation

**PID Resistant**  
Modules are designed to withstand PID (Potential Induced Degradation)\*\*

**+2% Light transmission**  
High light transmission Anti-Reflective Glass with improved self-cleaning capability

**0/+/-5W Positive power tolerance**  
Positive power tolerance for reliable power output

**INSURANCE & WARRANTY BENEFITS**

**100% Project line protection**  
LDK Solar Score Insurance is a comprehensive insurance package which secures your complete project with LDK solar modules against inherent risks. It includes a full backup of LDK Solar product and power warranties – even against bankruptcy – worldwide.

**10-12 years Product warranty\*\***

**25 years 4 step/linear power warranty\*\***

**QUALITY & ENVIRONMENTAL CERTIFICATES**

ISO 9001 Quality Standards • ISO 14001 Environmental Standards • ON-SBS 18001 Occupational Health & Safety Standards







**LDK 260-235**  
60-cell Multicrystalline PV Module Series

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT (STC)\***

Module Type	LDK 260 7A				
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	290	295	295	295	290
Maximum Power Output (P <sub>MO</sub> )	290	295	295	295	290
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	290	295	295	295	290
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mp</sub> )	8.47	8.47	8.47	8.47	8.47
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	38.1	37.9	37.7	37.5	37.1
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	8.52	8.76	8.69	8.63	8.50
Temperature Coefficient (P <sub>max</sub> )	-0.42%	-0.42%	-0.42%	-0.42%	-0.42%
Cell Efficiency	17.4%	17.46	17.32	16.78	16.69
Module Efficiency	15.22	15.43	15.29	15.19	14.97

\*Based on 1000 W/m<sup>2</sup> solar irradiance (1000 W/m<sup>2</sup> AM1.5), 25°C cell temperature, and 1000 h/year of full sun.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT\*\***

Module Type	LDK 260 7A				
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	285	290	290	290	285
Maximum Power Output (P <sub>MO</sub> )	285	290	290	290	285
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	285	290	290	290	285
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mp</sub> )	8.20	8.28	8.28	8.28	8.20
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	38.1	37.9	37.7	37.5	37.1
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	8.52	8.76	8.69	8.63	8.50
Temperature Coefficient (P <sub>max</sub> )	-0.42%	-0.42%	-0.42%	-0.42%	-0.42%

\*\*NOCT: Open Circuit Voltage, Cell Temperature, Maximum Power, and Short Circuit Current at 25°C cell temperature, 1000 W/m<sup>2</sup> solar irradiance, and 1 m/s wind speed.

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

NOCT	45.0 ± 0.5 °C
Power Temperature Coefficient (β <sub>p</sub> )	-0.42 ± 0.02 %/°C
Temperature Coefficient (β <sub>v</sub> )	0.005 ± 0.001 %/°C
Temperature Coefficient (β <sub>i</sub> )	0.005 ± 0.001 %/°C
Series Fuse Maximum Rating	30 A
Operating Temperature	From -40 to +105 °C

**MECHANICAL CHARACTERISTICS**

Solar Cells	60 (6x10) multicrystalline silicon
Front Glass	3.2 mm (0.125 in) Low Iron, 3.2 mm (0.125 in) Anti-Reflective Coated
Back Cover	White Polyethylene Backsheet
Encapsulant	LDK Eternity Solar Adhesive
Frame	Aluminum or Stainless Steel (optional)
Junction Box	IP67 rated, with weathered bypass diodes
Cables	UV resistant, 3-core (2x 1.5 mm <sup>2</sup> / 18 AWG)
Dimensions	2045 x 986 x 35 mm (80.51 x 38.82 x 1.38 in)
Weight	10.5 kg (23.15 lb)
Max. Load	Wind Load: 2400 N / Snow Load: 5400 N

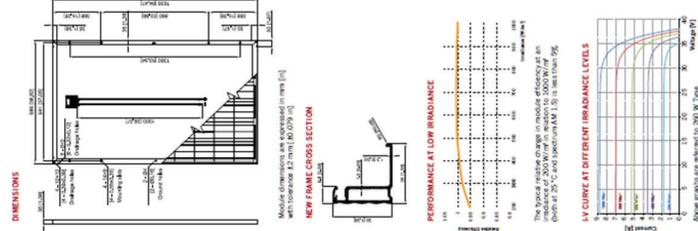
**PACKING CONFIGURATION**

Modules per Pallet	30 Pallets / 7500
Quantity / Pallet	60 Pallets / 4500
Usable Country	High Solar Countries

**LDK XXX PA**

Backsheet Type: W = Standard White, B = Black (optional)  
 Frame Type: F = Standard, B = Black Frame (optional)  
 Junction Box: J = Standard, S = Solar (optional)  
 Multicrystalline: M = Monocrystalline  
 Normal: N = Normal (optional)

[www.ldksolar.com](http://www.ldksolar.com)



## ANEXO H: INVERSOR-REGULADOR-CARGADOR

- Inversor-Regulador-Cargador seleccionado para el caso 1 y 2

### SPECIFICATIONS

Table 1 Line Mode Specifications

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Input Voltage Waveform	Sinusoidal (utility or generator)		
Nominal Input Voltage	120 - 230Vac		
Low Loss Voltage	170Vac±7V (UPS); 90Vac±7V (Appliances)		
Low Loss Return Voltage	180Vac±7V (UPS); 100Vac±7V (Appliances)		
High Loss Voltage	280 Vac±7V		
High Loss Return Voltage	270 Vac±7V		
Max AC Input Voltage	300Vac		
Nominal Input Frequency	50Hz / 60Hz (Auto detection)		
Low Loss Frequency	40±1Hz		
Low Loss Return Frequency	42±1Hz		
High Loss Frequency	65±1Hz		
High Loss Return Frequency	63±1Hz		
Output Short Circuit Protection	Circuit Breaker		
Efficiency (Line Mode)	>95% ( Rated R load, battery full charged )		
Transfer Time	10ms typical (UPS); 20ms typical (Appliances)		
Power Limitation	<p>Output Power</p> <p>Rated Power</p> <p>50% Power</p> <p>90V 170V 280V Input Voltage</p>		

Table 2 Invert Mode Specifications

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Rated Output Power	1KVA/0.8KW	2KVA/1.6KW	3KVA/2.4KW
Output Voltage Waveform	Pure Sine Wave		
Output Voltage Regulation	120-230Vac±5%		
Output Frequency	50-60 Hz		
Peak Efficiency	90%		
Overload Protection	5s@≥150% load; 10s@110%~150% load		
Surge Capacity	2* rated power for 5 seconds		
Nominal DC Input Voltage	12Vdc	24Vdc	
Cold Start Voltage	11.5Vdc		
Low DC Warning Voltage	23.0Vdc		
@ load < 20%	11.0Vdc		
@ 20% ≤ load < 50%	22.0Vdc		
@ load ≥ 50%	10.7Vdc		
@ load ≥ 50%	21.4Vdc		
Low DC Warning Return Voltage	20.2Vdc		
@ load < 20%	11.5Vdc		
@ 20% ≤ load < 50%	23.0Vdc		
@ load ≥ 50%	11.2Vdc		
Low DC Cut-off Voltage	22.4Vdc		
@ load < 20%	10.6Vdc		
@ 20% ≤ load < 50%	21.2Vdc		
@ load ≥ 50%	21.2Vdc		
High DC Recovery Voltage	10.5Vdc		
@ load < 20%	21.0Vdc		
@ 20% ≤ load < 50%	20.4Vdc		
@ load ≥ 50%	19.2Vdc		
High DC Recovery Voltage	14Vdc		
High DC Cut-off Voltage	29Vdc		
No Load Power Consumption	15Vdc		
Saving Mode Power Consumption	<15W		
	<5W		

Table 3 Charge Mode Specifications

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Charging Algorithm	3-Step		
Utility Charging Mode	10/20Amp		
Charging Current (UPS)	20/30Amp (@V <sub>bat</sub> =230Vdc)		
Charging Floating Voltage	13.5Vdc		
Solar Charging Mode	50Amp		
Charging Current (PWM)	50Amp		
System DC Voltage	24Vdc		
Operating Voltage Range	15~18Vdc		
Max. PV Array Open Circuit Voltage	30Vdc		
Standby Power Consumption	1W		
DC Voltage Accuracy	+/-0.3%		

Table 4 General Specifications

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Safety Certification	CE		
Operating Temperature Range	0°C to 55°C		
Storage temperature	-15°C- 60°C		
Dimension (D*W*H), mm	95 x 240 x 316		
Net Weight, kg	5.0		
	6.35		
	6.85		

Charging Controls

Voltage Setting	Boost CC, CV	Float
Flooded	12/24	12/24
AGM / Gel	14.6/29.2	13.5/27.0
	14.1/28.2	13.5/27.0

Battery Voltage: per cell

Charging Current, %

100%

50%

Time

Bulk (Constant Current)

Absorption (Constant Voltage)

Maintenance (Float)

Model	Load (VA)	Backup Time @ 12Vdc 100Ah (min)	Backup Time @ 12Vdc 200Ah (min)
1KVA	100	766	1610
	200	335	766
	300	198	503
	400	139	339
	500	112	269
	600	95	227
	700	81	176
	800	62	140
	900	55	125
	1000	50	112

Model	Load (VA)	Backup Time @ 24Vdc 100Ah (min)	Backup Time @ 24Vdc 200Ah (min)
2KVA	200	766	1610
	400	335	766
	600	198	503
	800	139	339
	1000	112	269
	1200	95	227
	1400	81	176
	1600	62	140
	1800	55	125
	2000	50	112

Model	Load (VA)	Backup Time @ 24Vdc 100Ah (min)	Backup Time @ 24Vdc 200Ah (min)
3KVA	300	449	1100
	600	222	525
	900	124	303
	1200	95	227
	1500	68	164
	1800	56	126
	2100	48	108
	2400	35	94
	2700	31	74
	3000	28	67

**Note:** Backup time depends on the quality of the battery, age of battery and type of battery. Specifications of batteries may vary depending on different manufacturers.

- Inversor-Regulador-cargador seleccionado para el caso 3



- Pure sine wave inverter
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Selectable charging current based on applications
- Configurable AC/Solar input priority via LCD setting
- Compatible to mains voltage or generator power
- Parallel operation with up to 6 units only available for 4KVA/5KVA
- Auto restart while AC is recovering
- Overload and short circuit protection
- Smart battery charger design for optimized battery performance
- Cold start function
- Optional Remote Control Panel available

### Expert KS Inverter Selection Guide

MODEL	Expert KS 1K	Expert KS 2K	Expert KS 3K	Expert KS 4K	Expert KS 5K
Rated Power	1000VA / 800W	2000VA/1600W	3000VA / 2400W	4000VA / 3200W	5000VA / 4000W
<b>INPUT</b>					
Voltage	120- 230 VAC				
Selectable Voltage Range	100-140 170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)				
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)				
<b>OUTPUT</b>					
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	120 - 230VAC $\pm$ 5 %				
Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA	8000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%				
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) 20 ms (For Home Appliances)				
Waveform	Pure sine wave				
<b>BATTERY</b>					
Battery Voltage	12 VDC	24 VDC		48 VDC	
Floating Charge Voltage	13.5 VDC	27 VDC		54 VDC	
Overcharge Protection	15 VDC	30 VDC		60 VDC	
<b>SOLAR CHARGER &amp; AC CHARGER</b>					
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	40VDC	60VDC		105VDC	
Standby Power Consumption	1 W	2 W		2W	
Maximum Solar Charge Current	50A	50 A		50 A	
Maximum AC Charge Current	10 A or 20 A	20 A or 30 A		60 A	
Maximum Charge Current		50 A		110 A	
<b>PHYSICAL</b>					
Dimension, D x W x H (mm)	95 x 240 x 316	100 x 272 x 355		120 x 295 x 468	
Net Weight (kgs)	5.0	6.4	6.9	9.8	9.8
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>					
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)				
Operating Temperature	0°C - 55°C				
Storage Temperature	-15°C - 60°C				

\*Typical transfer time for parallel operation is 30ms.  
Product specifications are subject to change without further notice

## ANEXO I: BATERÍAS

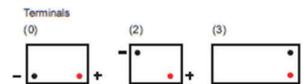
- BATERIA SELECCIONADA PARA LA EL CASO 1 y 2

### SERIE UP-SP

## SOLAR POWER AGM

### Características

- Tecnología AGM con electrolito absorbido
- Mínima auto-descarga
- Totalmente libre de mantenimiento
- Adecuada para aplicaciones en interiores
- Uso flexible para uso cíclico, tracción y de arranque
- Alta capacidad de descarga
- Alta fiabilidad
- Más de 500 ciclos a 75% D.O.D.
- Más de 1000 ciclos según IEC 61427



### Aplicaciones

Casas sin suministro eléctrico, caravanas con paneles solares, estaciones de energía solar y eólica, pequeños y medianos sistemas solares industriales, farolas solares, barcos, etc.

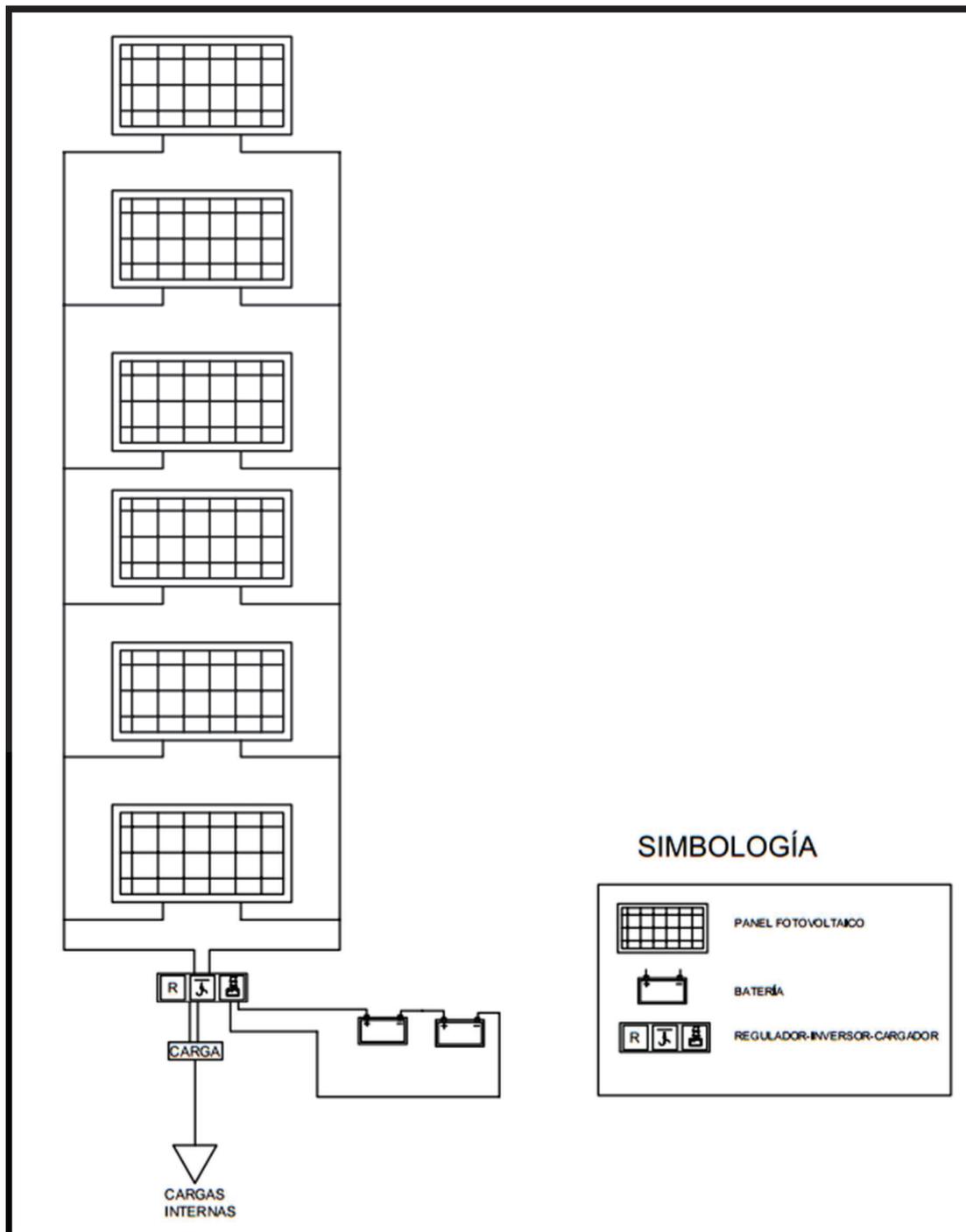
Model	Nominal Voltage (V)	C5 to 10.2V (Ah)	C10 to 10.2V (Ah)	C100 to 10.2V (Ah)	Reserve capacity min.	Dimensions (mm)			Layout
						L	W	H	
UP-SP57	12V	43	49	57	100	242	175	190	0
UP-SP67	12V	50	57	67	125	278	175	190	0
UP-SP83	12V	67	74	83	175	353	175	190	0
UP-SP83X	12V	67	74	83	175	308	175	210	0
UP-SP100	12V	75	85	100	210	345	175	230	0
UP-SP160	12V	115	130	160	267	513	189	223	3
UP-SP190	12V	135	150	190	336	513	223	223	3
UP-SP220	12V	155	185	220	383	518	274	242	3
UP-SP250	12V	185	200	250	496	518	274	242	3

Los parámetros técnicos podrán ser cambiados sin previo aviso.

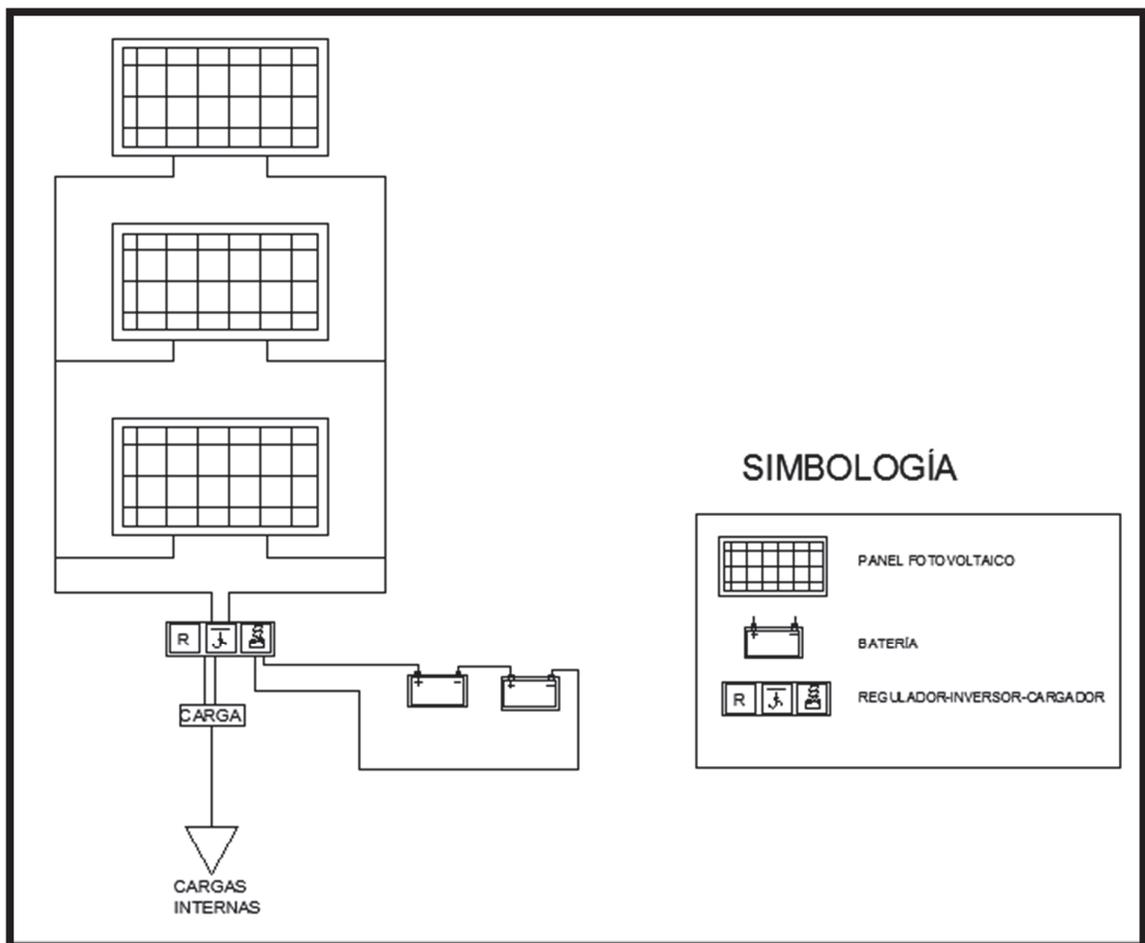


## ANEXO J: ESQUEMAS DE LOS DISEÑOS FOTOVOLTAICOS

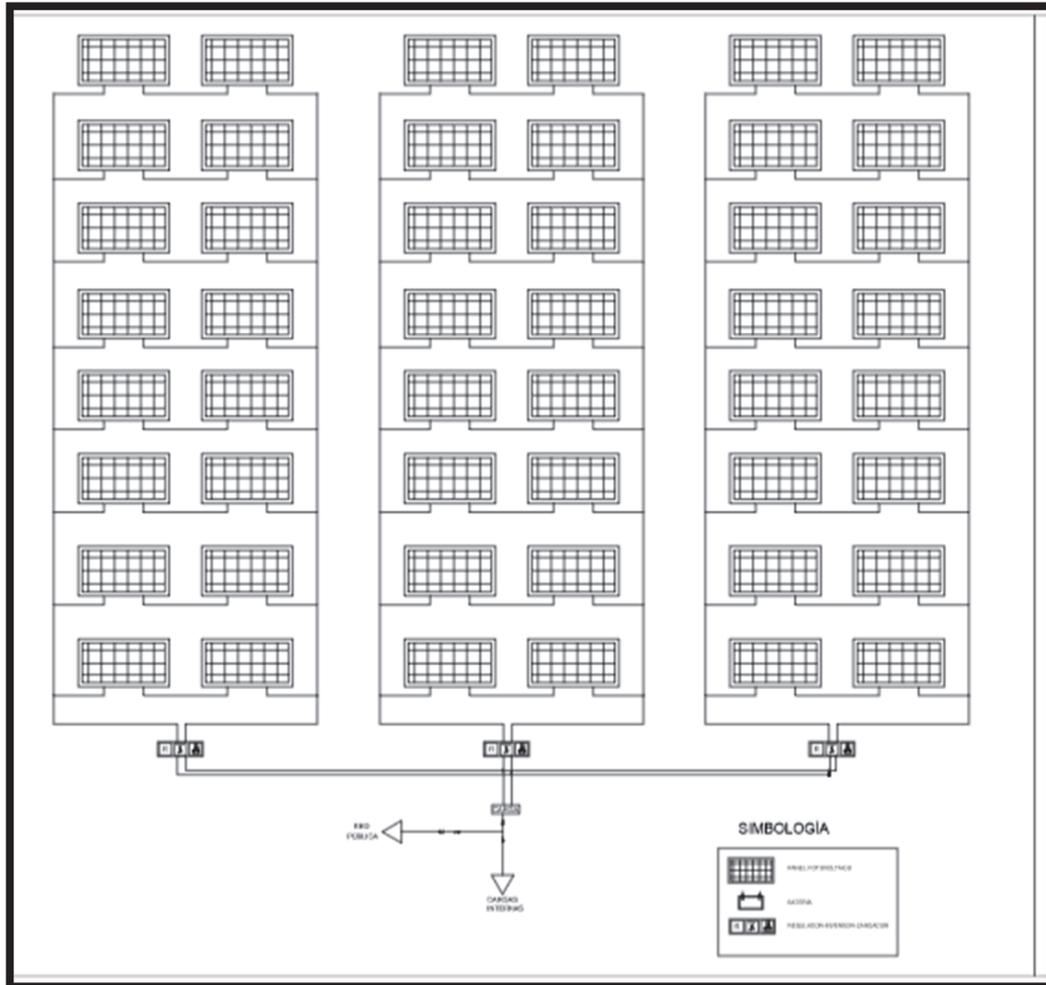
- Caso 1



- CASO 2



- CASO 3



## ANEXO K: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 1

- Reflectores Led

ILUMINACION LED				
MARCA	VOLTAJE	POTENCIA W	PRECIO \$	PROCEDENCIA
STEREN	110-240	30	85	MEXICO
IND LED	<b>110</b>	<b>30</b>	<b>95</b>	<b>LOCAL</b>
	110	50	150	LOCAL
CG	110.240	30	80	CHINA

El reflector led seleccionado es corresponde a la marca “IND LED”, con un costo de 95 dólares.

- Paneles Fotovoltaicos.

MERCADO NACIONAL							
MONOCRISTALINOS				POLICRISTALINOS			
POTENCIA PICO	PRECIO \$	NUMERO DE PANELES	COSTO	POTENCIA PICO	PRECIO \$	NUMERO DE PANELES	COSTO
90	<b>140</b>	12	1680,0	5	<b>20</b>	208	4160,0
120	190	9	1710,0	15	40	70	2800,0
150	240	7	1680,0	25	50	42	2100,0
150	240	7	1680,0	50	100	21	2100,0
190	300	6	1800,0	100	150	11	<b>1650,0</b>
230	<b>370</b>	5	1850,0	140	210	8	1680,0
				230	<b>340</b>	5	1700,0

MERCADO INTERNACIONAL							
MONOCRISTALINOS				POLICRISTALINOS			
POTENCIA PICO	PRECIO \$	NÚMERO DE PANELES	COSTO	POTENCIA PICO	PRECIO \$	NUMERO DE PANELES	COSTO
50	158,75	21	3333,8	5	<b>35,56</b>	208	7396,5
100	<b>156,21</b>	11	1718,3	10	49,53	104	5151,1
100	204,47	11	2249,2	20	91,44	52	4754,9
140	218,44	8	1747,5	50	95,25	21	2000,3
<b>195</b>	<b>199,39</b>	<b>6</b>	<b>1196,3</b>	75	179,07	14	2507,0
200	231,14	6	1386,8	85	149,86	13	1948,2
239	267,97	5	1339,9	140	204,47	8	1635,8
250	354,33	5	1771,7	150	265,43	7	1858,0
255	365,76	5	1828,8	230	330,2	5	1651,0
260	<b>378,46</b>	4	1513,8	<b>235</b>	232,41	5	1162,1
				240	335,28	5	1676,4
				245	346,71	5	1733,6
				250	364,49	5	1822,5
				250	354,33	5	1771,7
				250	322,58	5	1612,9
				250	317,5	5	1587,5
				290	392,43	4	1569,7
				295	405,13	4	1620,5
				300	<b>424,18</b>	4	1696,7
				300	387,35	4	1549,4

COLOR	MARCAS
	SOLARWO
	LDK
	LUXOR
	ATERSA
	REC
	AXITEC
	LIGHTWAY

En las tablas comparativas se establece los precios unitarios, el número de paneles para alcanzar la potencia pico del parque fotovoltaico y el costo de los mismos.

Como se puede observar las opciones de implementar el panel que tenga el menor precio unitario o el que involucre el menor número de paneles a instalar no es necesariamente la mejor alternativa económica.

El panel que involucra el menor costo, es el panel policristalino de 235 Wp con la instalación de 6 unidades con un inversión total de 1162.1 dólares; sin embargo la diferencia con el panel monocristalino de 195 Wp es de apenas de 34.2 dólares. Por lo que se seleccionó el panel monocristalino. Si a su precio de 1196,3 se le agrega los gastos por importación da un monto final de 1495.4 que es un valor menor al de las opciones del mercado nacional.

- Inversor-Regulador Cargador

INVERSORES MULTIFUNCION						
MARCA	POTENCIA kW	PRECIO \$	V DC	UNIDADES	COSTO	SISTEMA
EFFEKTA	3	2903,2	48	1	2903,22	MONOFASICO
	3	2446	48	1	2446,02	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	<b>717,55</b>	12	1	717,55	MONOFASICO
	<b>1,6</b>	<b>821,69</b>	<b>24</b>	1	<b>821,69</b>	<b>MONOFASICO</b>
	2,4	955,04	24	1	955,04	MONOFASICO
	3,2	1508,8	48	1	1508,76	MONOFASICO
	4	1663,7	48	1	1663,70	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	821,69	24	1	821,69	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	821,69	48	1	821,69	MONOFASICO
	1,6	1030	24	1	1029,97	MONOFASICO
	1,6	1030	48	1	1029,97	MONOFASICO
	2,4	1092,2	24	1	1092,20	MONOFASICO
	2,4	1144,3	48	1	1144,27	MONOFASICO
	3,2	1821,2	48	1	1821,18	MONOFASICO
4	1935,5	48	1	1935,48	MONOFASICO	
NEDAP	3	3599,2		1	3599,18	
	3,7	4182,1		1	4182,11	
	<b>5</b>	6690,4		1	6690,36	
	3	7207,3	24	1	7207,25	
	3,7	8270,2	24	1	8270,24	
	<b>5</b>	10034	24	1	10034,27	
	3	7207,3	24	1	7207,25	
	3,7	8270,2	24	1	8270,24	
<b>5</b>	<b>10034</b>	24	1	10034,27		

De la misma forma como los paneles fotovoltaicos, se establece en función de las unidades requeridas para satisfacer el diseño, estableciendo la menor inversión el inversor multifunción con un costo de 821,69 dólares; este valor es en el mercado internacional por lo cual su valor final será de 1027,06 dólares el país.

- Baterías

BATERIA AGM						
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD Ah	TIPO	PRECIO \$	UNID ADES	COSTO
TROJAN	12	76	20	335,28	4	1341,1
	12	100	20	408,94	4	1635,8
	12	230	20	<b>935,99</b>	2	1872,0
U-POWER	12	<b>57</b>	100	<b>191,77</b>	4	767,1
	12	67	100	213,36	4	853,4
	12	83	100	255,27	4	1021,1
	12	83	100	267,97	4	1071,9
	12	100	100	261,62	4	1046,5
	<b>12</b>	<b>160</b>	<b>100</b>	<b>330,2</b>	<b>2</b>	<b>660,4</b>
	12	190	100	382,27	2	764,5
	12	220	100	435,61	2	871,2
	12	<b>250</b>	100	453,39	2	906,8

Las baterías que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos son las conocidas como AGM por las características que presentan, considerando seleccionar la que presenta el menor costo se seleccionó la que presentó la cifra de 660.4; la cual es un elemento de importación.

## ANEXO L: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 2

Los reflectores, son los mismo que la alternativa 1

- Paneles Fotovoltaicos

MERCADO INTERNACIONAL							
MONOCRISTALINOS				POLICRISTALINOS			
POTENCIA PICO	PRECIO \$	NÚMERO DE PANELES	COSTO	POTENCIA PICO	PRECIO \$	NUMERO DE PANELES	COSTO
50	158,75	13	2063,8	5	<b>35,56</b>	122	4338,3
100	<b>156,21</b>	7	1093,5	10	49,53	61	3021,3
100	204,47	7	1431,3	20	91,44	31	2834,6
140	218,44	5	1092,2	50	95,25	13	1238,3
<b>195</b>	<b>199,39</b>	4	797,6	75	179,07	9	1611,6
200	231,14	4	924,6	85	149,86	8	1198,9
239	267,97	3	803,9	140	204,47	5	1022,4
250	354,33	3	1063,0	150	265,43	5	1327,2
255	365,76	3	1097,3	230	330,2	3	990,6
260	<b>378,46</b>	3	1135,4	<b>235</b>	<b>232,41</b>	<b>3</b>	<b>697,2</b>
				240	335,28	3	1005,8
				245	346,71	3	1040,1
				250	364,49	3	1093,5
				250	354,33	3	1063,0
				250	322,58	3	967,7
				250	317,5	3	952,5
				290	392,43	3	1177,3
				295	405,13	3	1215,4
				300	<b>424,18</b>	3	1272,5
				300	387,35	3	1162,1

La selección de los paneles fotovoltaicos es muy similar a la primera alternativa, sin embargo la diferencia esta vez es de alrededor de 100 dólares, considerando que no va a tener conectividad a la red de distribución y una autonomía de varios días, se selecciona el panel policristalino de 235Wp, el precio final incluido los costos de la importación son menores que comprándolos en el mercado nacional.

- Inversor – Cargador

Para la selección del inversor cargador se tiene los siguientes elementos cotizados:

INVERSOR CARGADOR						
MARCA	POTENCIA VA	PRECIO \$	V DC	CARGA BATERIA	UNIDADES	COSTO
VICTRON ENERGY	800	995,68	12	35	1	995,68
	800	995,68	24	16	1	995,68
	1200	1310,64	12	50	1	1310,64
	1200	1310,64	24	25	1	1310,64
	1600	1494,79	12	70	1	1494,79
	1600	1494,79	24	40	1	1494,79
	2000	1868,17	12	80	1	1868,17
	2000	1868,17	24	50	1	1868,17
	3000	2496,82	12	120	1	2496,82
	3000	2496,82	24	70	1	2496,82
	3000	2496,82	48	35	1	2496,82
	5000	4109,72	24	120	1	4109,72
5000	4109,72	48	70	1	4109,72	

INVERSORES MULTIFUNCION						
MARCA	POTENCIA kW	PRECIO \$	V DC	UNIDADES	COSTO	SISTEMA
EFFEKTA	3	2903,2	48	1	2903,22	MONOFASICO
	3	2446	48	1	2446,02	MONOFASICO
	0,8	717,55	12	1	717,55	MONOFASICO
	1,6	821,69	24	1	821,69	MONOFASICO
	2,4	955,04	24	1	955,04	MONOFASICO
	3,2	1508,8	48	1	1508,76	MONOFASICO
	4	1663,7	48	1	1663,70	MONOFASICO
	0,8	821,69	24	1	821,69	MONOFASICO
	0,8	821,69	48	1	821,69	MONOFASICO
	1,6	1030	24	1	1029,97	MONOFASICO
	1,6	1030	48	1	1029,97	MONOFASICO
	2,4	1092,2	24	1	1092,20	MONOFASICO
	2,4	1144,3	48	1	1144,27	MONOFASICO
	3,2	1821,2	48	1	1821,18	MONOFASICO
4	1935,5	48	1	1935,48	MONOFASICO	
NEDAP	3	3599,2		1	3599,18	
	3,7	4182,1		1	4182,11	
	5	6690,4		1	6690,36	
	3	7207,3	24	1	7207,25	
	3,7	8270,2	24	1	8270,24	
	5	10034	24	1	10034,27	
	3	7207,3	24	1	7207,25	
	3,7	8270,2	24	1	8270,24	
5	10034	24	1	10034,27		

El dispositivo que se requiere en esta alternativa es un Inversor-Cargador, por lo que no tiene una conexión con la red de distribución; sin embargo su precio es mayor que el inversor multifunción de 1.6 kW de 24 V; por lo que se seleccionó el segundo. Lo cual permite una

conexión segura con la red de distribución y conectividad al sistema de distribución en caso de que la EEQ lo permita en un futuro.

- Baterías

BATERIA AGM						
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD Ah	TIPO	PRECIO \$	UNID ADES	COSTO
TROJAN	12	76	20	335,28	6	2011,7
	12	100	20	408,94	4	1635,8
	12	230	20	<b>935,99</b>	2	1872,0
U-POWER	12	<b>57</b>	100	<b>191,77</b>	8	1534,2
	12	67	100	213,36	6	1280,2
	12	83	100	255,27	6	1531,6
	12	83	100	267,97	6	1607,8
	12	100	100	261,62	4	1046,5
	24	160	100	330,2	3	990,6
	12	190	100	382,27	4	1529,1
	<b>12</b>	<b>220</b>	<b>100</b>	<b>435,61</b>	<b>2</b>	<b>871,2</b>
	12	<b>250</b>	100	453,39	2	906,8

Las baterías seleccionadas por su menor costo total global con la instalación de dos baterías a un costo es la de 871.2 y que satisface el almacenamiento necesario.

### ANEXO M: CUADROS COMPARATIVOS DEL CASO 3

En esta alternativa se adquiere solo los paneles y el inversor.

- Paneles Solares

MERCADO INTERNACIONAL							
MONOCRISTALINOS				POLICRISTALINOS			
POTENCIA PICO	PRECIO \$	NÚMERO DE PANELES	COSTO	POTENCIA PICO	PRECIO \$	NUMERO DE PANELES	COSTO
50	158,75	180	28575,0	5	35,56	1799	63972,4
100	156,21	90	14058,9	10	49,53	900	44577,0
100	204,47	90	18402,3	20	91,44	450	41148,0
140	218,44	65	14198,6	50	95,25	180	17145,0
195	199,39	47	9371,3	75	179,07	120	21488,4
200	231,14	45	10401,3	85	149,86	106	15885,2
239	267,97	38	10182,9	140	204,47	65	13290,6
250	354,33	36	12755,9	150	265,43	60	15925,8
255	365,76	36	13167,4	230	330,2	40	13208,0
260	378,46	35	13246,1	235	232,41	39	9064,0
				240	335,28	38	12740,6
				245	346,71	37	12828,3
				250	364,49	36	13121,6
				250	354,33	36	12755,9
				250	322,58	36	11612,9
				250	317,5	36	11430,0
				290	392,43	32	12557,8
				295	405,13	31	12559,0
				300	424,18	30	12725,4
				300	387,35	30	11620,5

El panel seleccionado es el mismo de la alternativa 1, esta selección aparte de ser por su menor precio global en alcanzar la potencia pico del parque, permite que la cantidad importada sea mayor; llegando a favorecer en la negociación por ser mayor número de paneles adquiridos.

- Inversor – Regulador

INVERSORES CONECTADOS A RED						
MARCA	POTENCIA W	V DC MIN	V DC MAX	PRECIO \$	UNID ADES	COSTO
SMA	<b>240</b>		45	<b>308,61</b>	39	12035,79
AE CONVERSION	250	20	<b>40</b>	383,54	37	14190,98
	250	20	<b>40</b>	408,94	37	15130,78
	250	20	<b>40</b>	408,94	37	15130,78
	350	20	50	408,94	27	11041,38
	350	20	50	458,47	27	12378,69
	350	20	50	458,47	27	12378,69
	350	40	70	458,47	27	12378,69
	400	40	70	560,07	23	12881,61
AECA	300	45	100	468,63	31	14527,53
	300	75	170	538,48	31	16692,88
MASTERVOLT	525	45	100	626,11	18	11269,98
	700	80	160	1076,96	14	15077,44
	1000	115	230	1193,8	10	11938,00
	<b>1500</b>	<b>130</b>	<b>300</b>	<b>1311,91</b>	<b>7</b>	<b>9183,37</b>

INVERSORES MULTIFUNCION						
MARCA	POTENCIA kW	PRECIO \$	V DC	UNIDADES	COSTO	SISTEMA
EFFEKTA	3	2903,2	48	4	11612,88	MONOFASICO
	3	2446	48	4	9784,08	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	<b>717,55</b>	12	12	8610,60	MONOFASICO
	1,6	821,69	24	6	4930,14	MONOFASICO
	2,4	955,04	24	4	3820,16	MONOFASICO
	<b>3,2</b>	<b>1508,8</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>4526,28</b>	<b>MONOFASICO</b>
	4	1663,7	48	3	4991,10	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	821,69	24	12	9860,28	MONOFASICO
	<b>0,8</b>	821,69	48	12	9860,28	MONOFASICO
	1,6	1030	24	6	6179,82	MONOFASICO
	1,6	1030	48	6	6179,82	MONOFASICO
	2,4	1092,2	24	4	4368,80	MONOFASICO
	2,4	1144,3	48	4	4577,08	MONOFASICO
	3,2	1821,2	48	3	5463,54	MONOFASICO
	4	1935,5	48	3	5806,44	MONOFASICO
NEDAP	3	3599,2		4	14396,72	
	3,7	4182,1		3	12546,33	
	<b>5</b>	6690,4		2	13380,72	
	3	7207,3	24	4	28829,00	
	3,7	8270,2	24	3	24810,72	
	<b>5</b>	10034	24	<b>2</b>	20068,54	
	3	7207,3	24	4	28829,00	
	3,7	8270,2	24	3	24810,72	
<b>5</b>	<b>10034</b>	24	<b>2</b>	20068,54		

Al igual que los casos anteriores adquirir equipos con características solo de inversor-regulador es más costoso que adquirir inversores multifunción.

El inversor multifunción seleccionada es de 3.2 kW de 48 V; con un precio individual de 1508.8; existe inversores de menor precio con los de 2.4 kW con 24V, estos últimos no tienen problemas con los parámetros de corriente, por lo que solo permite instalar más de 1 panel en serie, y no se puede instalar los 48 paneles necesarios para alcanzar la potencia pico del parque fotovoltaico.

## ANEXO N: SIMULACIONES

- Caso 1

PVSYST V6.30		14/12/14		Página 1/3		
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>						
<b>Proyecto :</b>	<b>TESIS</b>					
<b>Lugar geográfico</b>	<b>QUITO VALLA</b>			<b>Pais</b>	<b>ECUADOR</b>	
<b>Ubicación</b>	Latitud	0.2°S	Longitud	78.6°W		
<b>Hora definido como</b>	Hora Legal	Huso hor. UT-5	Altitud	2850 m		
<b>Datos climatológicos:</b>	Albedo	0.20	Sintesis - Meteororm 6.1			
<b>Datos climatológicos:</b>	Quito	Sintesis - Meteororm 6.1				
<b>Variante de simulación : Nueva variante de simulación</b>						
		Fecha de simulación	14/12/14 23h39			
<b>Parámetros de la simulación</b>						
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	5°	Acimut	0°		
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso	Erbs, Meteororm		
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos					
<b>Sombras cercanas</b>	Sin sombreado					
<b>Características generador FV</b>						
<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>LDK195MCFW</b>			
		Fabricante	LDK Solar Co., Ltd.			
Número de módulos FV		En serie	6 módulos	En paralelo	1 cadenas	
N° total de módulos FV		N° módulos	6	Pnom unitaria	195 Wp	
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>1170 Wp</b>	En cond. funciona.	1034 Wp (50°C)	
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	125 V	I mpp	8.3 A	
Superficie total		Superficie módulos	<b>7.8 m²</b>	Superf. célula	7.0 m²	
<b>Inversor</b>						
		Modelo	<b>Soladin 1500 Web</b>			
		Fabricante	Mastervolt			
Características		Tensión Funciona.	80-300 V	Pnom unitaria	1.58 kW AC	
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>						
Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	3.0 %		
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s		
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	261 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC		
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas	2.0 %		
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.8 %		
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP		
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05		
Indisponibilidad del sistema	7.3 días, 3 periodos		Fracción de tiempo	2.0 %		
<b>Necesidades de los usuarios :</b>						
	Carga ilimitada (red)					
<b>Auxiliares loss</b>	Constant (fans)	0 W				

PVsyst Evaluation mode

Traducción sin garantía, Solo el texto inglés está garantizado.

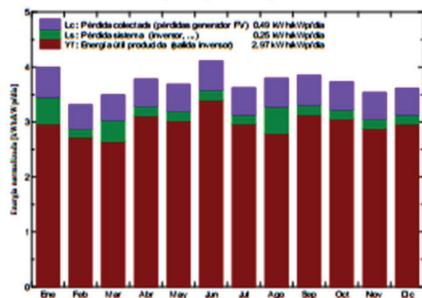
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : TESIS  
 Variante de simulación : Nueva variante de simulación

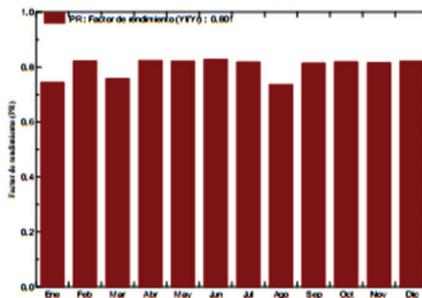
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	Conectado a la red		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LDK195MCFW	Pnom	195 Wp
Generador FV	N° de módulos	6	Pnom total	1170 Wp
Inversor	Modelo	Soladin 1500 Web	Pnom	1580 W ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
 Producción del Sistema **Energía producida** 1269 kWh/año **Produc. específico** 1084 kWh/kWp/año  
**Factor de rendimiento (PR)** 80.1 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 1170 Wp



Factor de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación  
 Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	127.2	14.11	123.8	115.2	125.4	107.7	12.98	11.14
Febrero	94.1	14.40	92.7	86.2	94.4	89.1	13.05	12.32
Marzo	108.6	14.20	108.2	100.8	110.2	95.9	13.04	11.35
Abril	112.3	14.29	113.3	105.7	115.5	109.2	13.06	12.34
Mayo	111.6	14.29	114.2	106.6	116.1	109.6	13.01	12.29
Junio	119.5	14.17	123.3	115.1	126.0	119.3	13.09	12.39
Julio	109.4	14.27	112.3	104.9	113.8	107.5	12.98	12.26
Agosto	116.1	14.75	117.7	109.7	119.2	101.3	12.97	11.02
Septiembre	115.2	14.38	115.4	107.9	116.3	109.8	12.90	12.19
Octubre	116.8	14.40	115.5	107.6	117.1	110.6	12.98	12.26
Noviembre	108.7	14.11	106.1	98.7	107.3	101.2	12.94	12.21
Diciembre	115.3	14.10	111.9	103.9	113.8	107.4	13.03	12.29
Año	1354.8	14.29	1354.5	1262.2	1375.1	1268.7	13.00	11.99

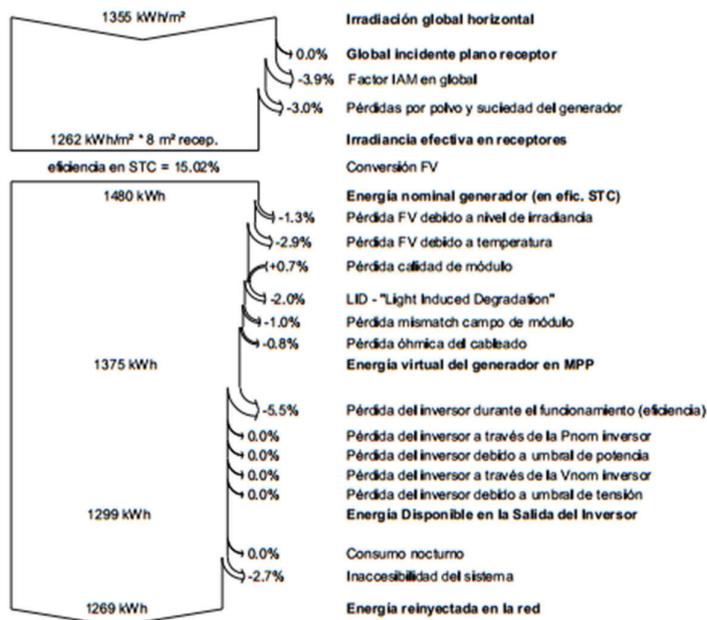
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador  
 T Amb Temperatura Ambiente E\_Grid Energía reinyectada en la red  
 GlobInc Global incidente plano receptor EffArrR Eficiencia Esal campo/superficie bruta  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EffSysR Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : TESIS  
 Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LDK195MCFW	Pnom	195 Wp
Generador FV	N° de módulos	6	Pnom total	1170 Wp
Inversor	Modelo	Soladin 1500 Web	Pnom	1580 W ac
Necesidades de los usuarios	Carga limitada (red)			

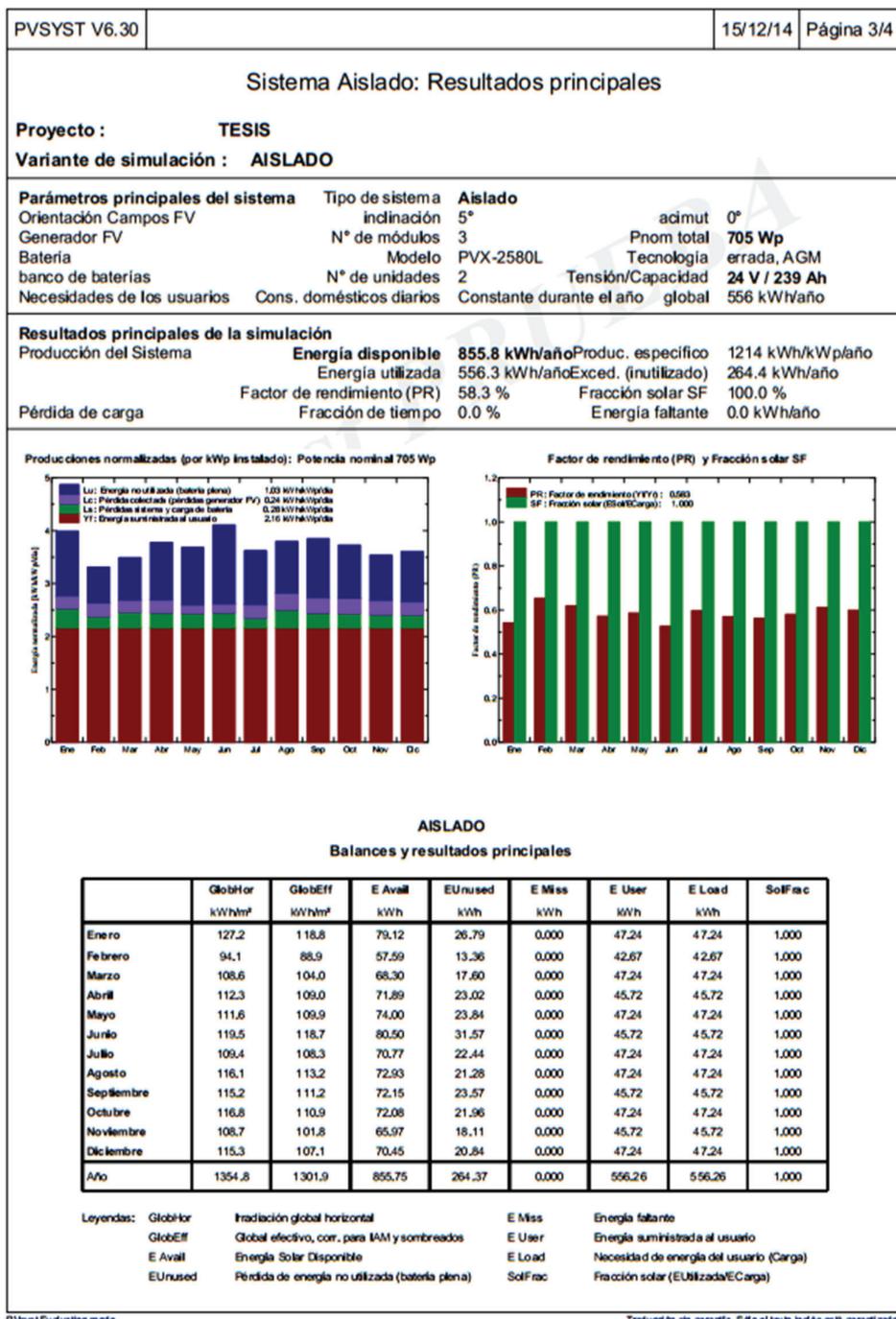
Diagrama de pérdida durante todo el año



- Caso 2

PVSYS V6.30		15/12/14		Página 1/4	
<b>Sistema Aislado: Parámetros de la simulación</b>					
<b>Proyecto : TESIS</b>					
<b>Lugar geográfico</b>		<b>QUITO VALLA</b>		<b>País ECUADOR</b>	
<b>Ubicación</b>		Latitud	0.2°S	Longitud	78.6°W
Hora definido como		Hora Legal	Huso hor. UT-5	Altitud	2850 m
<b>Datos climatológicos:</b>		Albedo	0.20	Síntesis - Meteororm 6.1	
<b>Datos climatológicos:</b>		Quito	Síntesis - Meteororm 6.1		
<b>Variante de simulación : AISLADO</b>					
		Fecha de simulación	15/12/14 00h16		
<b>Parámetros de la simulación</b>					
<b>Orientación Plano Receptor</b>		Inclinación	5°	Acimut	0°
<b>Modelos empleados</b>		Transposición	Perez	Difuso	Erbs, Meteororm
<b>Características generador FV</b>					
<b>Módulo FV</b>		Si-poly	Modelo	<b>LDK235PAFW</b>	
			Fabricante	LDK Solar Co., Ltd.	
Número de módulos FV		En serie	1 módulos	En paralelo	3 cadenas
N° total de módulos FV		N° módulos	3	Pnom unitaria	235 Wp
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>705 Wp</b>	En cond. funciona.	632 Wp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	26 V	I mpp	24 A
Superficie total		Superficie módulos	<b>4.8 m²</b>	Superf. célula	4.4 m²
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>					
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado		Res. global generador	19 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo				Fracción de Pérdidas	-0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos				Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
<b>Parámetro del Sistema</b>		<b>Tipo de sistema Sistema Aislado</b>			
<b>Batería</b>		Modelo		<b>PVX-2580L</b>	
		Fabricante		Concorde	
Características del banco de baterías		Tensión	24 V	Capacidad Nominal	239 Ah
		N° de unidades	2 en serie		
		Temperatura	Fijo (20°C)		
<b>Regulador</b>		Modelo Generic Default with MPPT converter			
		Tecnología	MPPT converter	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/elem.
Convertidor		Eficiencias Máx. y EURO	97.0/95.0 %		
Umbral de Regulación Baterías		Carga	27.0/26.2 V	Descarga	23.5/25.2 V
		Comando de Generador Auxiliar	23.6/25.8 V		
<b>Necesidades de los usuarios</b>		:Cons. domésticos diarios Constante durante el año			
		media 1.5 kWh/Día			

PVSYST V6.30		15/12/14	Página 2/4
<b>Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario</b>			
<b>Proyecto : TESIS</b>			
<b>Variante de simulación : AISLADO</b>			
<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Aislado</b>	
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	3	Pnom total <b>705 Wp</b>
Batería	Modelo	PVX-2580L	Tecnología errada, AGM
banco de baterías	N° de unidades	2	Tensión/Capacidad <b>24 V / 239 Ah</b>
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global 556 kWh/año
<b>Cons. domésticos diarios, Constante durante el año, media = 1.5 kWh/día</b>			
<b>Valores anuales</b>			
	Número	Potencia	Utilización
Lámparas fluorescentes	4	30 W/lámpara	13 h/día
Energía total diaria			1524 Wh/día
PVSY			
<small>PV Syst Evaluation mode      Traducción sin carácter. Sólo en los botones está caracterizado.</small>			

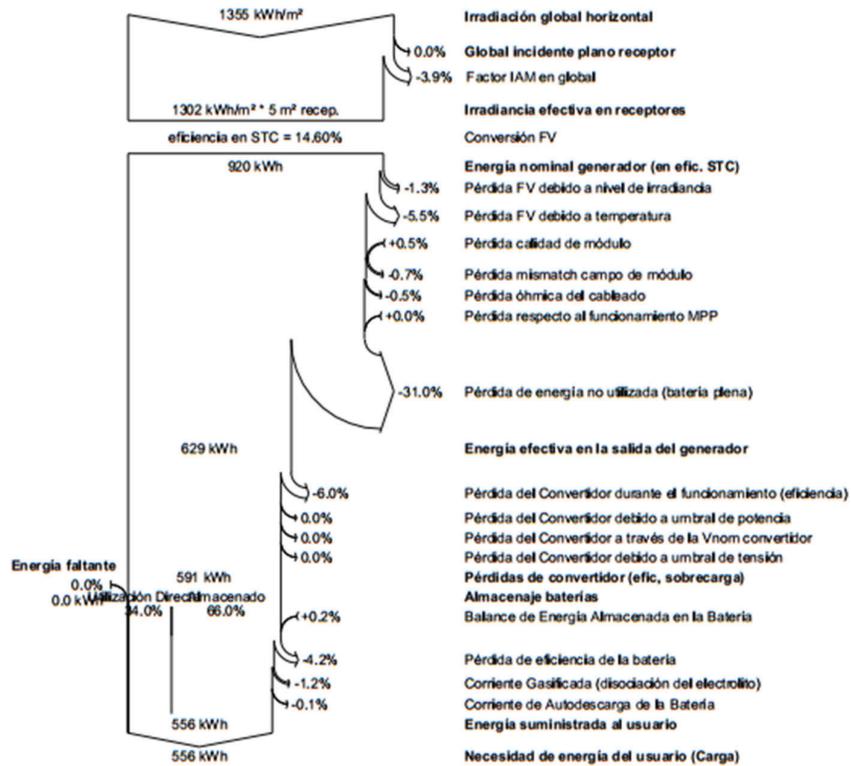


Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : TESIS  
 Variante de simulación : AISLADO

<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	Aislado
Orientación Campos FV	inclinación	5°
Generador FV	N° de módulos	3
Batería	Modelo	PVX-2580L
banco de baterías	N° de unidades	2
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año
	acimut	0°
	Pnom total	705 Wp
	Tecnología	errada, AGM
	Tensión/Capacidad	24 V / 239 Ah
	global	556 kWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



- Caso 3

PVSYST V6.30		15/12/14		Página 1/3	
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>					
<b>Proyecto :</b> Proyecto Conectado a la Red at QUITO VALLA					
<b>Lugar geográfico</b>		QUITO VALLA		País ECUADOR	
<b>Ubicación</b>		Latitud	0.2°S	Longitud	78.6°W
Hora definido como		Hora Legal	Huso hor. UT-5	Altitud	2850 m
		Albedo	0.20		
<b>Datos climatológicos:</b>		Quito Síntesis - Meteonorm 6.1			
<b>Variante de simulación :</b> Nueva variante de simulación					
		Fecha de simulación 15/12/14 00h33			
<b>Parámetros de la simulación</b>					
<b>Orientación Plano Receptor</b>		Inclinación	5°	Acimut	0°
<b>Modelos empleados</b>		Transposición	Perez	Difuso	Erbs, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>		Sin perfil de obstáculos			
<b>Sombras cercanas</b>		Sin sombreado			
<b>Características generador FV</b>					
<b>Módulo FV</b>		Si-mono	Modelo	LDK195MCFW	
			Fabricante	LDK Solar Co., Ltd.	
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo	3 cadenas
N° total de módulos FV		N° módulos	48	Pnom unitaria	195 Wp
Potencia global generador		Nominal (STC)	9.36 kWp	En cond. funciona.	8.27 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	334 V	I mpp	25 A
Superficie total		Superficie módulos	62.5 m²	Superf. célula	56.1 m²
<b>Inversor</b>					
		Modelo	IG Plus A 10.0-1-240		
		Fabricante	Fronius USA		
<b>Características</b>		Tensión Funciona.	230-500 V	Pnom unitaria	9.99 kW AC
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>					
Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	3.0 %	
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado		Res. global generador	232 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas	2.0 %	
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.8 %	
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP	
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)		Parám. bo 0.05
Disponibilidad del sistema		7.3 días, 3 periodos	Fracción de tiempo	2.0 %	
<b>Necesidades de los usuarios :</b>		Carga ilimitada (red)			
<b>Auxiliaries loss</b>		Constant (fans) 0 W			

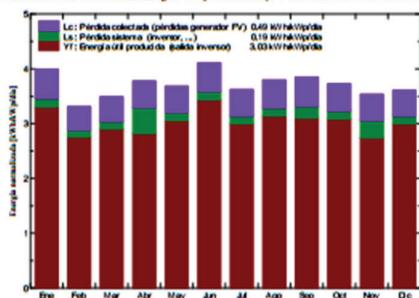
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Proyecto Conectado a la Red at QUITO VALLA**  
 Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

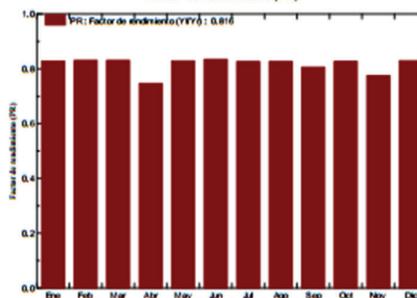
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LDK195MCFW	Pnom	195 Wp
Generador FV	N° de módulos	48	Pnom total	<b>9.36 kWp</b>
Inversor	Modelo	IG Plus A 10.0-1-240	Pnom	9.99 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga	ilimitada (red)		

**Resultados principales de la simulación**  
 Producción del Sistema **Energía producida 10344 kWh/año** Producción específica 1105 kWh/kWp/año  
 Factor de rendimiento (PR) **81.6 %**

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9.36 kWp



Factor de rendimiento (PR)



**Nueva variante de simulación**  
**Balances y resultados principales**

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	127.2	14.11	123.8	115.2	1003	958.7	12.98	12.40
Febrero	94.1	14.40	92.7	86.2	755	721.2	13.05	12.45
Marzo	108.6	14.20	108.2	100.8	882	841.3	13.04	12.44
Abril	112.3	14.29	113.3	105.7	924	791.3	13.06	11.18
Mayo	111.6	14.29	114.2	106.6	928	886.0	13.01	12.41
Junio	119.5	14.17	123.3	115.1	1008	963.2	13.09	12.51
Julio	109.4	14.27	112.3	104.9	911	869.2	12.98	12.38
Agosto	116.1	14.75	117.7	109.7	953	910.3	12.97	12.38
Septiembre	115.2	14.38	115.4	107.9	930	870.5	12.90	12.07
Octubre	116.8	14.40	115.5	107.6	937	894.3	12.98	12.39
Noviembre	108.7	14.11	106.1	98.7	858	769.7	12.94	11.61
Diciembre	115.3	14.10	111.9	103.9	910	868.4	13.02	12.43
<b>Año</b>	<b>1354.8</b>	<b>14.29</b>	<b>1354.5</b>	<b>1262.2</b>	<b>11001</b>	<b>10344.0</b>	<b>13.00</b>	<b>12.22</b>

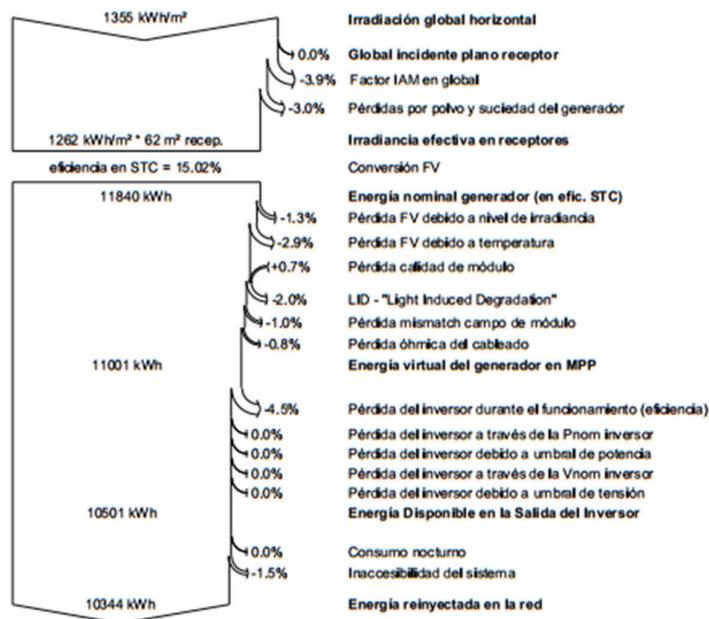
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador  
 T Amb Temperatura Ambiente E\_Grid Energía reinyectada en la red  
 GlobInc Global incidente plano receptor EffArrR Eficiencia Esal campo/superficie bruta  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EffSysR Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** Proyecto Conectado a la Red at QUITO VALLA  
**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LDK195MCFW	Pnom	195 Wp
Generador FV	N° de módulos	48	Pnom total	<b>9.36 kWp</b>
Inversor	Modelo	IG Plus A 10.0-1-240	Pnom	9.99 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

#### Diagrama de pérdida durante todo el año



## ANEXO O: ANÁLISIS DE VALORES ANUALES

- Alternativa 1

MES	IRRADIACIÓN kWh/m <sup>2</sup> / día	DÍAS	ENERGÍA CONSUMIDA kWh/mes		ENERGÍA ENTREGADA ALTERNATIVA 1	AHORRO SISTEMA DE ILUMINACION kWh/MES	PRECIO ( CENTAVOS)		ALTERNATIVA 1 (DÓLARES)				UTILIDADES SIN EXCEDENTES		UTILIDADES CON EXCEDENTES	
			ENERGÍA GENERADA ALTERNATIVA 1	TECNOLOGIA LED			TECNOLOGIA HALÓGENA	kWh GENERADOS FOTOVOLTAICO	kWh CONSUMIDO	PAGO POR GENERACION SIN EXCEDENTES	PAGO POR GENERACION CON EXCEDENTES	PAGO POR CONSUMO	AHORRO POR ILUMINACION	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 1	
ENERO	5,02	31	110,70	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	23,36	4,34	54,66	62,74	73,69		
FEBRERO	4,84	28	96,40	42,00	571,20	529,20	40,03	9,33	11,21	19,80	3,92	49,37	56,66	65,25		
MARZO	5,02	31	110,70	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	23,36	4,34	54,66	62,74	73,69		
ABRIL	4,34	30	92,62	45,00	612,00	567,00	40,03	9,33	12,01	17,33	4,20	52,90	60,71	66,03		
MAYO	4,34	31	95,71	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	17,91	4,34	54,66	62,74	68,23		
JUNIO	4,16	30	88,78	45,00	612,00	567,00	40,03	9,33	12,01	15,93	4,20	52,90	60,71	64,63		
JULIO	4,34	31	95,71	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	17,91	4,34	54,66	62,74	68,23		
AGOSTO	4,75	31	104,75	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	21,20	4,34	54,66	62,74	71,52		
SEPTIEMBRE	5,19	30	110,76	45,00	612,00	567,00	40,03	9,33	12,01	23,93	4,20	52,90	60,71	72,63		
OCTUBRE	5,19	31	114,45	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	24,73	4,34	54,66	62,74	75,05		
NOVIEMBRE	5,02	30	107,13	45,00	612,00	567,00	40,03	9,33	12,01	22,61	4,20	52,90	60,71	71,31		
DICIEMBRE	5,19	31	114,45	46,50	632,40	585,90	40,03	9,33	12,41	24,73	4,34	54,66	62,74	75,05		
<b>TOTAL</b>	<b>57,40</b>	<b>365</b>	<b>1242,16</b>	<b>547,50</b>	<b>7446,00</b>	<b>6898,50</b>	<b>480,36</b>	<b>111,96</b>	<b>146,11</b>	<b>252,79</b>	<b>51,08</b>	<b>643,63</b>	<b>738,66</b>	<b>845,34</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,78</b>	<b>30,42</b>	<b>103,51</b>	<b>45,63</b>	<b>620,50</b>	<b>574,88</b>	<b>40,03</b>	<b>9,33</b>	<b>12,18</b>	<b>21,07</b>	<b>4,26</b>	<b>53,64</b>	<b>61,55</b>	<b>70,44</b>		

- Alternativa 2

MES	IRRADIACIÓN kWh/m <sup>2</sup> / día	DÍAS	kWh/mes ACORDADOS		ENERGÍA GENERADA		ENERGÍA CONSUMIDA kWh/mes		ENERGÍA ENTREGADA		AHORRO SISTEMA DE ILUMINACION kWh/MES		PRECIO (CENTAVOS)		ALTERNATIVA 2 (DÓLARES)			UTILIDADES SIN EXCEDENTES ALTERNATIVA 2
			ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 2	TECNOLOGÍA LED	TECNOLOGÍA HALÓGENA	ALTERNATIVA 2	kWh GENERADOS FOTOVOLTAICO	kWh CONSUMIDO	PAGO POR GENERACION	PAGO POR CONSUMO	AHORRO POR ILUMINACION				
ENERO	5,02	31	0	66,70	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
FEBRERO	4,84	28	0	58,09	42,00	571,20	0,00	529,20	40,03	9,33	0,00	3,92	49,37	45,46				
MARZO	5,02	31	0	66,70	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
ABRIL	4,34	30	0	55,81	45,00	612,00	0,00	567,00	40,03	9,33	0,00	4,20	52,90	48,70				
MAYO	4,34	31	0	57,67	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
JUNIO	4,16	30	0	53,49	45,00	612,00	0,00	567,00	40,03	9,33	0,00	4,20	52,90	48,70				
JULIO	4,34	31	0	57,67	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
AGOSTO	4,75	31	0	63,12	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
SEPTIEMBRE	5,19	30	0	66,74	45,00	612,00	0,00	567,00	40,03	9,33	0,00	4,20	52,90	48,70				
OCTUBRE	5,19	31	0	68,96	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
NOVIEMBRE	5,02	30	0	64,55	45,00	612,00	0,00	567,00	40,03	9,33	0,00	4,20	52,90	48,70				
DICIEMBRE	5,19	31	0	68,96	46,50	632,40	0,00	585,90	40,03	9,33	0,00	4,34	54,66	50,33				
<b>TOTAL</b>	<b>57,40</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>748,48</b>	<b>547,50</b>	<b>7446,00</b>	<b>0,00</b>	<b>6898,50</b>	<b>480,36</b>	<b>111,96</b>	<b>0,00</b>	<b>51,08</b>	<b>643,63</b>	<b>592,55</b>				
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,78</b>	<b>30,42</b>	<b>0,00</b>	<b>62,37</b>	<b>45,63</b>	<b>620,50</b>	<b>0,00</b>	<b>574,88</b>	<b>40,03</b>	<b>9,33</b>	<b>0,00</b>	<b>4,26</b>	<b>53,64</b>	<b>49,38</b>				

- Alternativa 3.

MES	IRRADIACIÓN kWh/m <sup>2</sup> / día	DÍAS	kWh/mes ACORDADOS A ENTREGAR A LA RED	ENERGIA GENERADA kWh/mes	ENERGIA CONSUMIDA kWh/mes	ENERGIA ENTREGADA REAL A LA RED kWh/mes	PRECIO ( CENTAVOS)		ALTERNATIVA 3 (DÓLARES)				UTILIDADES SIN EXCEDENTES (DÓLARES)	UTILIDADES CON EXCEDENTES (DÓLARES)
							kWh GENERADOS FOTOVOLTÁICO	kWh CONSUMIDO	PAGO POR GENERACION SIN EXCEDENTES	PAGO POR GENERACION CON EXCEDENTES	PAGO POR CONSUMO	AHORRO POR ILUMINACION		
ENERO	5,02	31	632,40	873,96	632,40	873,96	40,03	9,33	253,15	349,85	59,00	0,00	194,15	290,84
FEBRERO	4,84	28	571,20	761,08	571,20	761,08	40,03	9,33	228,65	304,66	53,29	0,00	175,36	251,37
MARZO	5,02	31	632,40	873,96	632,40	873,96	40,03	9,33	253,15	349,85	59,00	0,00	194,15	290,84
ABRIL	4,34	30	612,00	731,20	612,00	731,20	40,03	9,33	244,98	292,70	57,10	0,00	187,88	235,60
MAYO	4,34	31	632,40	755,58	632,40	755,58	40,03	9,33	253,15	302,46	59,00	0,00	194,15	243,45
JUNIO	4,16	30	612,00	700,88	612,00	700,88	40,03	9,33	244,98	280,56	57,10	0,00	187,88	223,46
JULIO	4,34	31	632,40	755,58	632,40	755,58	40,03	9,33	253,15	302,46	59,00	0,00	194,15	243,45
AGOSTO	4,75	31	632,40	826,96	632,40	826,96	40,03	9,33	253,15	331,03	59,00	0,00	194,15	272,03
SEPTIEMBRE	5,19	30	612,00	874,41	612,00	874,41	40,03	9,33	244,98	350,03	57,10	0,00	187,88	292,93
OCTUBRE	5,19	31	632,40	903,56	632,40	903,56	40,03	9,33	253,15	361,69	59,00	0,00	194,15	302,69
NOVIEMBRE	5,02	30	612,00	845,77	612,00	845,77	40,03	9,33	244,98	338,56	57,10	0,00	187,88	281,46
DICEMBRE	5,19	31	632,40	903,56	632,40	903,56	40,03	9,33	253,15	361,69	59,00	0,00	194,15	302,69
TOTAL	57,40	365	7446	9806,49	7446,00	9806,49	480,36	111,96	2980,63	3925,54	694,71	0,00	2285,92	3230,83
PROMEDIO	4,78	30,42	620,50	817,21	620,50	817,21	40,03	9,33	248,39	327,13	57,89	0,00	190,49	269,24