



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA
FOTOVOLTAICA EN EL MANTENIMIENTO
CORRECTIVO DE TRANSFORMADORES”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMATIZACION**

MARÍA JOSÉ SOTAMINGA REYES

FELIX JAVIER YUQUILIMA GUIRACOCHA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTO

Nuestros más profundos agradecimientos a Dios por permitirnos llegar a estas instancias, por brindarnos a cada uno de los dos una hermosa familia que día a día nos dan esa confianza que todo ser humano necesita y por aquellas personas que ya no están pero formaron parte de nuestra formación.

Sin olvidar ESPOL que fue nuestro segundo hogar y a los profesores que con sus enseñanzas y consejos nos guiaron para emprender nuestra carrera profesional.

Félix y María José.

DEDICATORIA

A Dios que es quien reina en mi corazón.

A mis queridos padres y hermanos por brindarme su amor incondicional y el esfuerzo grande que hicieron para darme la educación.

A mi esposa Diana y mi hijo Matí por ser mi apoyo y mis fuerzas en todo instante de mi existencia.

Félix

DEDICATORIA

A Dios mi motor principal y generador de la energía de mi corazón.

A mis amados padres y hermanos quienes con su apoyo y ánimo constante conforman gran parte de mi vida.

A mis amigos docentes profesionales, grandes ejemplos de proyección profesional y ayuda incondicional.

María José

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
PhD. Douglas Plaza

PROFESOR EVALUADOR

.....
PhD. Wilton Agila

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual".

.....
Félix Javier Yuquilima Guiracocha

.....
María José Sotaminga Reyes

RESUMEN

En la actualidad las energías renovables ayudan y colaboran al medio ambiente mediante las diferentes aplicaciones en las que estas puedan colaborar.

Existen tres tipos de mantenimiento que se les puede brindar a los equipos, y estos son: mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; el enfoque principal del proyecto se centra en el consumo de energía gastado en el mantenimiento correctivo específicamente en el tratamiento del aceite dieléctrico por ser uno de correctivos más frecuentes.

En la planta que es tomada como caso de estudio, actualmente el mantenimiento correctivo brindado a los transformadores respecto a la regeneración de aceite, es energizado por un generador de 132kW, el mismo satisface las necesidades de cargabilidad de la máquina de termovacío.

El proceso de termo-vacío consiste en eliminar la humedad del aceite eléctrico del equipo, este proceso tiene una duración aproximada de 4 a 6 horas teniendo como referencia que en ese tiempo aproximado se puede tratar 1000 litros con degradación número 4.0.

La metodología empleada para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el mismo que pretende suplir al generador y servir en la alimentación de ciertas dependencias de la planta consiste en evaluar la potencia consumible por cada uno de los elementos que los componen. Para ello se realizó un análisis de cargabilidad empleando un analizador de energía, luego se estableció la cargabilidad por hora de consumo.

Además de la importancia del conocimiento de la potencia que se desea dimensionar es de vital importancia el conocimiento de la irradiación del sol en el área que se desea colocar el sistema de energía renovable, ya que la potencia generada depende de la ubicación en la zona ecuatorial dependerá la eficiencia.

Mediante la ayuda de las herramientas software Geosol y Meteonorm, además de la base de datos de la NASA se pudo determinar la irradiación en la ubicación exacta

de la planta (caso de estudio), el Angulo azimut del panel solar, además, se estableció implementar el método de Hottel en el simulador.

El sistema diseñado podrá cubrir la demanda energética de la máquina de tratamiento, tomando en consideración tres horas para evitar los restos de aceite en la máquina, en el presente estudio se realizará los cálculos pertinentes para conocer el número de paneles, baterías y selección de inversores necesarios, además de conocer los riesgos eléctricos y las normativas a las que tendrán que estar sujetos los dispositivos a ser empleados para la implementación del mismo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	v
DECLARACIÓN EXPRESA	vi
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
CAPÍTULO 1.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA Y APLICACIÓN	1
1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Pruebas de aceite dieléctrico de transformadores de potencia o distribución.....	2
1.1.2 Tratamientos de Aceite.....	5
1.1.3 Sistema Fotovoltaico.....	6
1.2 Justificación del problema.....	7
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivos Generales.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO 2	10
2. ANÁLISIS GEOGRÁFICO Y DEMANDA DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA PLANTA DE TRANSFORMADORES.....	10
2.1 Análisis y estudio del medio geográfico - radiación solar en Ecuador / Durán.....	10
2.2 Análisis de cargabilidad del consumo de la planta de transformadores.	17
CAPÍTULO 3.....	21
3. ESTUDIO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRANSFORMADORES	21

3.1 Diseño de sistema fotovoltaico.....	21
3.2 Estructura de soporte.....	34
3.3 Protecciones eléctricas	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS.....	49

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA Y APLICACIÓN

El presente informe del estudio del sistema fotovoltaico para suministrar energía una Planta de Transformadores fue tomado a partir de las necesidades presentadas en la Compañía BRITRANSFORMADORES ubicada en la ciudad de Duran km 4 ½ vía Durán Tambo frente a Cafiesa.

Considerando la ubicación geográfica de la planta y cargabilidad que actualmente los procesos realizados en la misma demandan se considera la necesidad de obtener una generación de energía alterna, en la que se analizara los costos, beneficios y la ubicación óptima de esta nueva alternativa de energía.

Debido a las nuevas demandas gubernamentales y al afán de colaborar en el plano ambiental, esta necesidad se ha priora debido al consumo excesivo de los generador a diésel 132KW 400A /220 V, ya que como uno de los servicios prestados a los clientes es de realizar el tratamiento y regeneración de aceites el mismo que tiene la capacidad de 2400 litros, este proceso se realiza en un tiempo aproximado de 6 horas como máximo en planta cada dos tanques considerando el Índice de envejecimiento muy alto, ya que todo depende de la capacidad volumétrica del transformador y de la degradación de las propiedades dieléctricas del aceite a regenerar; las instalaciones de la planta de transformadores se encuentran divididas por áreas en donde se realizan cada una de las fases del mantenimiento correctivo como se visualiza en la figura 1.1



Figura 1 .1: Vista panorámica de la planta de transformadores

La aplicación de este sistema fotovoltaico en la planta de transformadores sería esencial en el filtrado y tratamiento de aceite dieléctrico, ya que el consumo y los costos que representa el generador de energía eléctrica son bajos a corto plazo pero muy elevados si estos son proyectados a 5 años.

1.1 Marco teórico

1.1.1 Pruebas de aceite dieléctrico de transformadores de potencia o distribución

Aceite dieléctrico nuevo es capaz de resistir a un gradiente de potencial eléctrico, lo que le confiere propiedades aislantes.

Aceite dieléctrico usado es aquel que proviene del cambio de aceite de equipos en operación o de equipos fuera de servicio; según indica la norma ASTM D-1500 el cuadro de degradación de aceites es presentado por diferentes numeraciones como se indica en la figura 1.2.



Figura 1.2: Degradación del aceite según norma ASTM D-1500

Los factores que aceleran el envejecimiento del aceite dieléctrico son:

- Contenido de oxígeno
- El calor/ incremento de temperaturas.
- Alto contenido de humedad y presencia de metales
- Celulosa del papel aislante
- Productos de oxidación

Pruebas de evaluación del aceite dieléctrico

- Color
- Densidad relativa
- Número de neutralización
- Tensión interfacial
- Rigidez dieléctrica
- Humedad en el aceite
- Análisis de gases disueltos
- Análisis de metales disueltos
- Análisis de compuestos furanos
- Análisis de PCB

Establecidos cuales son las pruebas protocolarias físico- químicas establecidas al aceite dieléctrico se especificaran las siguientes pruebas por las que se requerirían la regeneración del aceite.

- Tensión interfacial (ASTM D 971 y D 2285)

La tensión interfacial es la tensión de la barrera entre el aceite y el agua.

Se sabe que el aceite dieléctrico nuevo posee una tensión Interfacial relativamente alta medida en dinas por centímetro (dinas/cm).

A medida que el aceite se envejece, los componentes polares formados como producto de la oxidación debilitan la interface entre el aceite y el agua, reduciendo así la tensión Interfacial.

PRUEBA PROTOCOLARIA FÍSICO – QUÍMICA		
TENSIÓN INTERFACIAL [m.N/m]		
ACEPTABLE	CUESTIONABLE	INAPCETABLE
≥30	22 – 30	<22

Tabla 1: Valores de tensión interfacial para aceite en uso según la norma ASTM-87

- Rigidez dieléctrica (ASTM D -1816)

Este Método corresponde a la Norma ASTM D-1816 método estándar para voltaje de rigidez dieléctrica de Líquidos Aislantes usando electrodos esféricos.

La clasificación para los resultados de la prueba de rigidez dieléctrica utilizando la norma D 1816 depende del voltaje primario del transformador y de la distancia de separación entre los electrodos del equipo de prueba tal como se puede apreciar en las siguientes tablas:

RIGIDEZ DIELECTRICA (1 mm de separación)			
Voltaje Primario	Aceptable	Cuestionable	Inaceptable
≤ 69KV	≥ 23 KV	< 23 KV, ≥ 18 KV	< 18 KV
> 69 KV	≥ 28 KV	< 28 KV, ≥ 23 KV	< 23 KV
<230 KV			
≥ 230 KV	≥ 30 KV	< 30 KV ≥ 25 KV	< 25 KV

Tabla 2: Valores de rigidez dieléctrica para aceite en uso según la norma ASTM D-877-02 (2007)

1.1.2. Tratamientos de aceite dieléctrico



Figura 1.3: Degradación del aceite según norma ASTM D-1500

Es el proceso en el cual se retira la humedad, gases y sustancias volátiles presentes en el aceite aislante en donde el aceite es filtrado, calentado y desgasificado con cámaras de vacío.



Figura 1.4: Máquina de tratamiento del aceite, aceite analizado bajo normas ASTM D 1533 - ASTM D 877

1.1.3 Sistema fotovoltaico

Son sistemas que convierten directamente la radiación solar en energía eléctrica. Esta conversión la realiza mediante dispositivos denominados módulos (paneles) fotovoltaicos mediante el efecto fotovoltaico que no es más que la emisión de electrones mediante de un material que se ilumina con radiación electromagnética.

Existen 2 tipos de sistemas fotovoltaicos:

- **Sistemas fotovoltaicos aislados** también denominados **autónomos** son los sistemas en el cual se utilizan los paneles fotovoltaicos para convertir la energía solar en electricidad y esta energía es acumulada en baterías

para de allí alimentar a la carga requerida a cualquier hora del día.

- **Sistemas fotovoltaicos conectados a red** son los sistemas que convierten la energía solar en electricidad pero esta no es almacenada en baterías sino que se conecta directamente a la red eléctrica en la cual se debe garantizar el voltaje la frecuencia y la calidad de la onda que se entrega a la red.

1.2 Justificación del problema

Britransformadores es una compañía de servicios técnicos, la cual posee una planta de transformadores en la que uno de sus principales procesos es la regeneración de aceite, la misma que es realizada previa coordinación del cliente ya que actualmente no se posee un stock de aceite tratado, por ende los costos de energía eléctrica se incrementan.

Con el afán de establecer una nueva cultura de planeación, mejora continua y colaborando con el plano ambiental, el departamento de operación y de planificación establecieron como necesidad principal realizar un estudio de un sistema fotovoltaico que cuyo alcance sea energizar la máquina regeneradora de aceite y que supla las veces del generador cuando no exista energía eléctrica en la planta.

La tabla detalla los equipos eléctricos con la que la planta se ayuda para satisfacer su demanda:

EQUIPOS ELÉCTRICOS DE BRITRANSFORMADORES			
Nº	EQUIPO	POTENCIA	ÁREA A LA QUE ALIMENTA
1	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	112.5 KVA	Presidencia Gerencia general Gerencia de operaciones Gerencia de planificación Departamento financiero Departamento técnico Departamento comercial Laboratorio de aceites y Regeneración de aceites
1	GENERADOR	132 KW	Regeneración de aceites
1	GENERADOR	746 KW	Trabajos externos

Tabla 1 – Equipos eléctricos que satisfacen la demanda de la planta

Generalmente el tratamiento de regeneración de aceite llamado termovació por tanque se la realiza en una maquina con capacidad de 2400 L/H y un voltaje de alimentación monofásico (1 ϕ) ver figura .



Figura 1.5: Máquina de filtrado 2400 L/N



Figura 1.6: Máquina de filtrado 9400 L/N

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

Estudiar la posibilidad de implementar un sistema fotovoltaico para así poder reemplazar el medio de generación alterna que se emplea en su actualidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Ubicar geográficamente la compañía Britransformadores, con ayuda de herramientas digitales.
- Realizar un análisis de cargabilidad para determinar la demanda en planta, además de identificar las características de placas de la máquina para regenerar aceite dieléctrico.
- Simular datos aproximados de la radiación solar en la ciudad de Durán mediante software.
- Dimensionar la planta fotovoltaica.

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS GEOGRÁFICO Y DEMANDA DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA PLANTA DE TRANSFORMADORES.

2.1 Análisis y estudio del medio geográfico - radiación solar en Ecuador / Durán

Respecto al medio geográfico, por medio de la base e datos de Google maps se pudo visualizar la vista superior de la planta , para asi observar el terreno que conforma la planta de transformadores . [2]

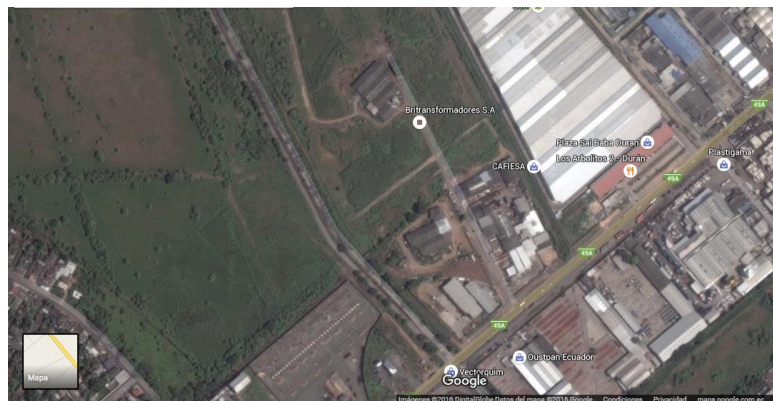


Figura 2.1 : Vista superior de la planta de transformadores

Radiacion Solar en Ecuador sobre Durán

La potencia radiante de $1353 \text{ W}/\text{m}^2$ que llega a la tierra no es la que finalmente alcanza a la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos. La energía solar que recoge la superficie de la tierra se ha calculado equivalentemente a $178000\text{TW} - \text{año}$. [1]

Como referencia standard se considera que la irradiancia que incide en el plano horizontal toma el valor máximo de 1000 W/m^2 aproximadamente, claro esta que este valor dependera del medio.

Existen dos unidades de medidas en las que se puede expresar la radiación global kW/m^2 y MJ/m^2 , los valores que tomen dependera de la region en la que haga referencia.

Para poder dimensionar el Sistema fotovoltaico es necesario considerar que el potencial anual promedio para el territorio ecuatoriano es de 4,4 a $4,7 \text{ kW/m}^2$ por dia [3]. Por la ubicación geografica el Ecuador goza de una gran estabilidad de radiacion anual recibida.

Existen varias metodologias empleadas para la determinación de la radiación solar sobre superficies inclinadas, la metodología que se ha considerado es la metodología de para dias claros de Hottel, la cual considera lo siguiente:

El "modelo de Hottel" (1976) expresa la transmitancia atmosférica para la radiación directa t_b , en función del ángulo cenital, q_z (mayor transmitancia en dirección vertical, menor hacia el horizonte), de la altura sobre el nivel del mar, A , en kilómetros, (mayor transmitancia a mayor altura) y del tipo de clima; de la forma:

$$t_b = a_0 + a_1 e^{(-k/\cos(qz))}$$

Donde a_0 , a_1 y k son parámetros ajustados empíricamente. Para el cálculo de estas cantidades, se usan las ecuaciones:

$$a_0 = r_0 [0,4237 - 0,00821(6 - A)^2], \quad a_1 = r_1 [0,00595(6,5 - A)^2], \quad k = r_k [0,2711 + 0,01858(2,5 - A)^2]$$

Los valores de r_0 , r_1 y r_k estan dadas en la tabla 1, para distintos tipos de clima.

Para estimar la irradiación difusa, sobre superficie horizontal, la correspondiente transmitancia está dada por una expresión debida a Liu y Jordan (1960) [4], de la forma:

$$t_d = 0,2710 - 0,2939 t_b.$$

Tipo de clima	r_0	r_1	r_k
1: Tropical	0,95	0,98	1,02
2: Verano, latitud media	0,97	0,99	1,02
3: Verano, sub-ártico	0,99	0,99	1,01
4: Invierno, latitud media	1,03	1,01	1

Tabla 2 : Factores de corrección para algunos tipos de clima [4]

Para la estimación de irradiación solar y cálculo de coordenadas solares sobre la planicie de la ciudad de Durán se han empleado dos software Geosol V 2.0 y Meteonorm, las cuales ayudaran con la simulación de la proyección aproximada de la radiación mensual , la variación de la temperatura, el tipo de irradiación que existe en la ubicación de la ciudad según su ubicación geográfica.

Cantón : Durán	
Coordenadas:	2° 10' 0" S, 79° 50' 0" W
En decimal	-2.166667°, -79.833333°

Tabla 3: Coordenadas del cantón Durán, GEOHACK [5]

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	151	80	108	27,3	23,2	0,2
Febrero	145	61	119	27,4	23,2	0,2
Marzo	168	82	121	27,2	23,2	0,1
Abril	156	74	116	27,2	23,3	0,1
Mayo	143	68	111	27,1	22,9	0,1
Junio	139	69	106	26,9	22,7	0
Julio	147	64	126	26,8	22,3	0
Agosto	151	84	95	27,4	22,6	0,1
Setiembre	170	79	128	27,5	22,7	0,2
Octubre	173	77	131	27,7	23,2	0,2
Noviembre	146	89	81	27,7	23,4	0,3
Diciembre	155	66	131	27,5	23,3	0,3
Año	1845	894	1372	27,3	23	0,2

Tabla 4 : Meteonorm - Tabla de datos de radiación global anual en Durán [6]

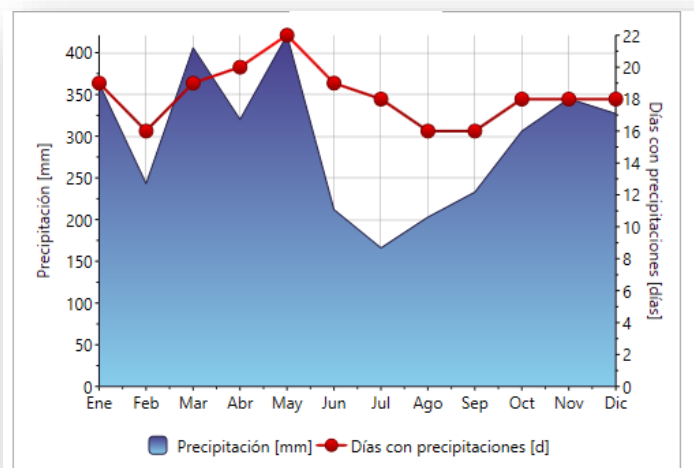
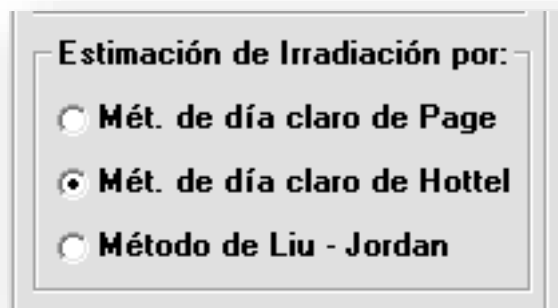


Figura 2.2 : Meteonorm - Precipitación anual en Durán [6]

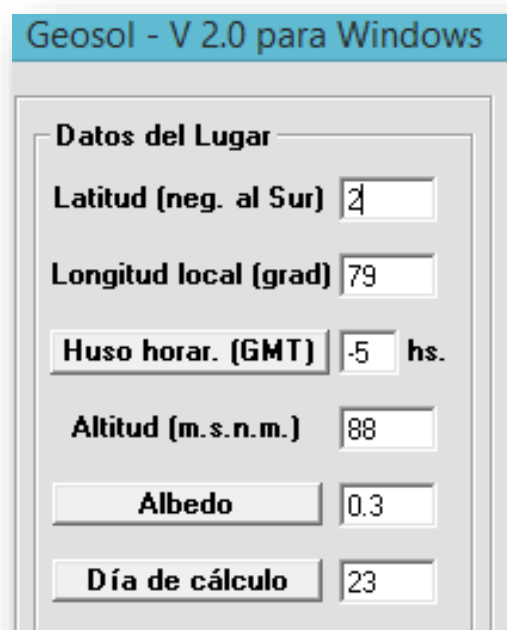
Para obtener la radiación aproximada en la ciudad de Durán, existen varias metodologías empleando el software Geosol y observadas en la figura 2.3, además de los datos solicitados sobre la ciudad que se va a analizar, ver figura 2.4.



Estimación de Irradiación por:

- Mét. de día claro de Page
- Mét. de día claro de Hottel
- Método de Liu - Jordan

Figura 2.3 : Simulación – Tipo de metodología a emplear para estimar Irradiación[6]



Geosol - V 2.0 para Windows

Datos del Lugar

Latitud (neg. al Sur) 2

Longitud local (grad) 79

Huso horar. (GMT) -5 hs.

Altitud (m.s.n.m.) 88

Albedo 0.3

Día de cálculo 23

Figura 2.4: Simulación – Datos de ubicación de ciudad de Durán [7]

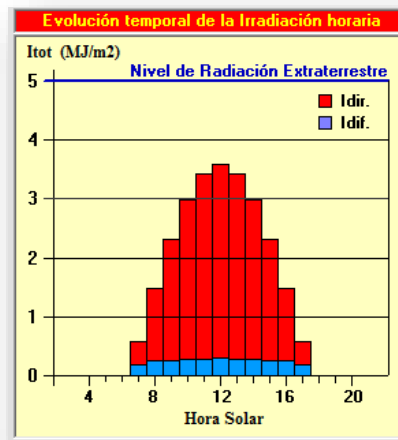


Figura 2.5: Representa la irradiación directa & irradiación difusa en Durán [7]

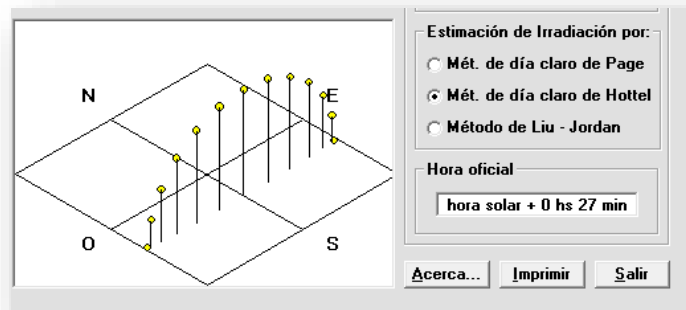


Figura 2.6: Simulación – Método Hottel [7]

Se define orientación mediante azimuth del sol, que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol, hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando la orientación sur con $\alpha = 0^\circ$, y considerando los

angulos entre el sur y el noreste negativos y entre el sur y el noroeste positivos.

El ángulo de incidencia está relacionado con el la altitud solar.

Empleando el Software llamo Geosol – V 2.0 considerando los datos de ubicación geográfica de la ciudad de Durán, nos indica que la hora de salida del sol es a las 6 horas aproximadamente, la hora puesta del sol es aproximadamente 17:57 horas, ver figura 2.7: Coordenadas solares.

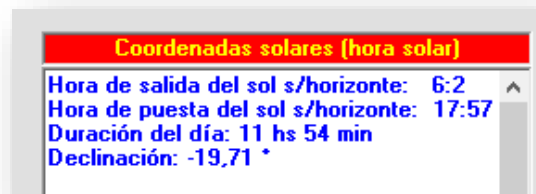


Figura 2.7: Simulación coordenadas solares –Altitud & Azimut [7]

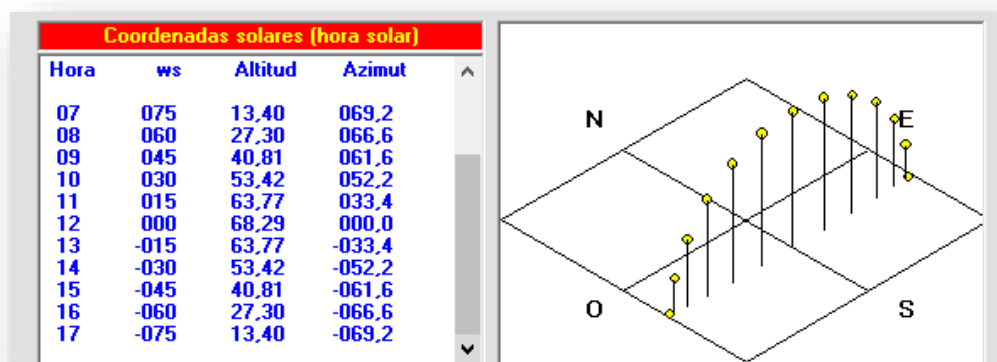


Figura 2.8: Simulación Coordenadas Solares –Altitud & Azimut [7]

Estimación de la energía producida mediante la ecuación

(2.1)

$$E_p = \frac{G_{dm(\alpha,\beta)} \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \quad (2.1)$$

P_m : potencia pico del generador

$$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$$

$G_{dm(0)}$: valor medio mensual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$

$G_{dm(\alpha,\beta)}$: valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano

El parámetro α representa a Azimut y β la inclinación del generador

PR: Rendimiento energético de la instalación o "Performance"

Las pérdidas que se tienen que considerar son:

- La dependencia del rendimiento con la temperatura
- Las pérdidas del cableado
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
- la eficiencia energética del inversor en operación

2.2 Análisis de Cargabilidad del consumo de la planta de transformadores.

Como parte expresa de la solución a la necesidad presentada, se procedió a realizar el análisis de la cargabilidad de las áreas: laboratorio

de pruebas eléctricas, oficinas, laboratorio de aceites y comedor. El análisis se realizó a partir del día miércoles 17 de Julio desde las 17:55 hasta las 09:20 horas del día sábado 20 de Julio de 2015. Es importante señalar que para efectuar este estudio fue necesario instalar dos Analizadores: Analizador de energía marca FLUKE 1735 y analizador de energía marca EXTECH, durante un lapso de 36 horas de monitoreo continuo.

Registro de parámetros y determinación de cargabilidad del LABORATORIO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS.

En el laboratorio de pruebas eléctricas de la planta de transformadores se colocaron equipos para poder obtener datos sobre su cargabilidad.

		FECHA	HORA	kW	kVAR	kVA	FP	% CARGABILIDAD
kW	MAX	18/06/2015	15:53:18 0ms	7,34	4,01	9,06	0,97	0,01%
	MIN	19/06/2015	02:17:18 0ms	0,22	0,29	0,45	0,63	0,00%
kVAR	MAX	18/06/2015	07:18:18 0ms	5,57	4,54	2,98	0,94	0,00%
	MIN	19/06/2015	08:49:18 0ms	1,88	0,18	2,05	0,95	0,00%
kVA	MAX	18/06/2015	15:53:18 0ms	2,72	0,69	9,06	0,94	0,01%
	MIN	19/06/2015	02:17:18 0ms	0,83	0,29	0,45	0,93	0,00%
FP	MAX	17/06/2015	17:57:18 0ms	3,98	0,44	4,28	0,94	0,00%
	MIN	20/06/2015	04:09:18 0ms	0,25	0,32	0,50	0,61	0,00%

Tabla 5. Registro de parámetros máximos y mínimos de demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Vab	Vbc	Vca
kVA	MAX	18/06/2015	15:53:18 0ms	9,06	207,94	202,55	210,92
	MIN	19/06/2015	02:17:18 0ms	0,45	215,12	211,67	218,52

Tabla 6. Registro de voltajes L-L durante la máxima y mínima demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Ia	Ib
kVA	MAX	18/06/2015	15:53:18 0ms	9,06	35,22	41,48
	MIN	19/06/2015	02:17:18 0ms	0,45	1,62	1,79

Tabla 7. Registro de corrientes de línea durante la máxima y mínima demanda

Registro de parámetros y determinación de cargabilidad de GERENCIAS Y DEPARTAMENTOS

		FECHA	HORA	kW	kVAR	kVA	FP	% CARGABILIDAD
kW	MAX	19/06/2015	08:13:52	28,98	21,07	40,43	0,97	35,933%
	MIN	19/06/2015	01:25:52	0,82	0,15	1,09	0,78	0,968%
kVAR	MAX	18/06/2015	08:48:52	28,49	21,42	39,93	0,98	35,496%
	MIN	20/06/2015	09:22:52	4,16	0,07	4,53	0,93	4,027%
kVA	MAX	19/06/2015	08:13:52	28,98	21,07	40,43	0,97	35,933%
	MIN	18/06/2015	22:14:52	0,85	0,12	1,08	0,80	0,957%
FP	MAX	19/06/2015	07:52:52	5,90	0,95	6,14	0,99	5,456%
	MIN	17/06/2015	20:50:52	1,33	1,37	2,14	0,60	1,904%

Tabla 8. Registro de parámetros máximos y mínimos de demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Vab	Vbc	Vca
kVA	MAX	19/06/2015	08:13:52	40,43	212,35	208,89	216,81
	MIN	18/06/2015	22:14:52	1,08	211,14	207,28	215,38

Tabla 9. Registro de voltajes L-L durante la máxima y mínima demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Ia	Ib	Ic
kVA	MAX	19/06/2015	08:13:52	40,43	61,91	68,86	0,01
	MIN	18/06/2015	22:14:52	1,08	8,17	5,71	0,01

Tabla 10. Registro de corrientes de Línea durante la máxima y mínima demanda

Registro de parámetros y determinación de cargabilidad del LABORATORIO QUÍMICO

		FECHA	HORA	kW	kVAR	kVA	FP	% CARGABILIDAD
kW	MAX	19/06/2015	15:09:52	7,30	0,00	7,30	1,00	6,489%
	MIN	17/06/2015	17:58:52	0,00	0,00	0,00	1,00	0,000%
kVAR	MAX	20/06/2015	09:22:52	0,18	0,00	0,18	1,00	0,160%
	MIN	17/06/2015	17:57:52	0,99	0,00	0,99	1,00	0,880%
kVA	MAX	19/06/2015	15:09:52	7,30	0,00	7,30	1,00	6,489%
	MIN	17/06/2015	17:58:52	0,00	0,00	0,00	1,00	0,000%
FP	MAX	20/06/2015	09:22:52	0,18	0,00	0,18	1,00	0,160%
	MIN	18/06/2015	01:52:52	0,00	475,00	0,00	0,00	0,000%

Tabla 11. Registro de parámetros máximos y mínimos de demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Vab	Vbc	Vca
kVA	MAX	19/06/2015	15:09:52	7,30	203,69	200,05	209,40
	MIN	17/06/2015	17:58:52	0,00	212,70	206,98	216,85

Tabla 12. Registro de voltajes L-L durante la máxima y mínima demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Ia	Ib	Ic
kVA	MAX	19/06/2015	15:09:52	7,30	27,51	0,00	36,99
	MIN	17/06/2015	17:58:52	0,00	0,00	0,00	0,50

Tabla 13. Registro de corrientes de línea durante la máxima y mínima demanda

Registro de parámetros y determinación de cargabilidad del COMEDOR

		FECHA	HORA	kW	kVAR	kVA	FP	% CARGABILIDAD
kW	MAX	18/06/2015	08:46:52	1,50	0,17	1,51	0,95	1,342%
	MIN	17/06/2015	20:33:52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000%
kVAR	MAX	18/06/2015	12:44:52	1,35	0,25	1,37	0,90	1,220%
	MIN	19/06/2015	18:10:52	2,49	-0,09	2,49	0,89	2,215%
kVA	MAX	19/06/2015	15:51:52	2,51	-0,04	2,51	0,90	2,231%
	MIN	17/06/2015	20:33:52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000%
FP	MAX	18/06/2015	08:46:52	1,50	0,17	1,51	0,95	1,342%
	MIN	17/06/2015	20:33:52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000%

Tabla 14. Registro de parámetros máximos y mínimos de demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Vab	Vbc	Vca
kVA	MAX	19/06/2015	15:51:52	2,51	212,35	208,71	218,07
	MIN	17/06/2015	20:33:52	0,00	210,62	205,77	213,91

Tabla 15. Registro de voltajes L-L durante la máxima y mínima demanda

		FECHA	HORA	DEMANDA	Ia	Ib	Ic
kVA	MAX	19/06/2015	15:51:52	2,51	6,82	0,00	14,90
	MIN	17/06/2015	20:33:52	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 16. Registro de corrientes de Línea durante la máxima y mínima demanda

De acuerdo con el análisis de cargabilidad se establece que la compañía tiene una demanda de 541,44 *kw/h*.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRANSFORMADORES

3.1 Diseño del sistema fotovoltaico

Como parte de la metodología a emplear mediante el análisis de cargabilidad y para la consideración del diseño del sistema fotovoltaico de la compañía, se obtuvo los siguientes datos:

Máquina de filtrado [2400lt/h]	Unidad	Potencia [W]	Horas de uso al día [horas]	Energía AC x día [Wh/día]
Resistencias de calentamiento	2	16000	7	224000
Bomba de vacío	1	373	7	2611
Bomba [salida de aceite]	1	1500	7	10500
Bomba [entrada de aceite]	1	746	7	5222

Potencia máxima AC del sistema	242333	L_{md}
--------------------------------	--------	----------

Consumo total anual AC del sistema L_T	0
--	---

Tabla 17. Potencia consumida por la máquina de filtrado

Cargas AC	Potencia [W]	Horas de uso al Día [Horas]	Energía AC x Día [Wh/Día]
Planta y Laboratorio de Pruebas	7340	10	73400
Oficinas (Gerencias y Departamentos)	28980	8	231840
Laboratorio Químico	7300	8	58400
Comedor	7500	5	37500
Potencia Máxima AC del Sistema			51120

Tabla 18. Pérdidas considerables dependiendo del tipo de sistema fotovoltaico.

$$L_{md.AC} = \text{consumo medio diario} \left[\frac{Wh}{\text{dia}} \right]$$

$$242333 \left[\frac{KWh}{\text{dia}} \right]$$

$$L_T = \text{consumo total anual}$$

$$L_{ma} = \text{consumo medio diario anual}$$

$$t_{di} = \text{Tiempo diario uso} \left[\frac{h}{\text{dia}} \right]$$

El consumo medio diario se lo calcula mediante la ecuación (3.1)

$$L_{md.AC} = \sum P_{AC} \times t_{di} \quad (3.1)$$

El consumo medio es calculado mediante la ecuación (3.2)

$$L_{md} = \frac{\frac{L_{md.AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{BAT} \times \eta_{con}} \quad (3.2)$$

El consumo anual total es el producto del consumo medio y el número de días de funcionamiento del sistema, mediante la ecuación (3.3)

$$L_T = L_{md} \times N_d \quad (3.3)$$

N_d : Número de días de funcionamiento del sistema a lo largo de un año

$$L_{ma} = \frac{L_T}{N_d} \quad (3.4)$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.2)

$$L_{md} = (242333/0,982)(KWh/dia)/(0,985 \times 1,2)$$

$$L_{md} = 208777,4 kWh/dia$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.3)

$$L_T = L_{md} \times N_d = 208777,4 \times 180$$

$$L_T = 37579932 K Wh$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.4)

$$L_{ma} = 37579932/15$$

$$L_{ma} = 2505328 KWh/dia$$

En la siguiente tabla se presenta la radiación solar recibida de la ciudad de Durán según la base de datos generada por los satélites de la NASA.

MES	RADIACION ESTIMADA (KWh/m ²)
ENERO	5,11
FEBRERO	6,08
MARZO	6,18
ABRIL	5,79
MAYO	5,25
JUNIO	5,1
JULIO	5,12
AGOSTO	5,25
SEPTIEMBRE	5,28
OCTUBRE	5,47
NOVIEMBRE	5,25
DICIEMBRE	4,97

Tabla 19. Datos de radiación estimada en los predios de la planta, base de datos de la NASA. [8]

Para encontrar la cantidad de paneles fotovoltaicos hemos usado el valor promedio de los valores mensuales de radiación solar indicados en la tabla anterior.

Para el cálculo del arreglo de paneles solares se emplea la ecuación (3.5)

Potencia total del arreglo de Paneles =

$$\frac{(fp \times L_{md})}{G_d} \quad (3.5)$$

G_d = valor promedio de radiación solar

$fp = 1,2$; eficiencia de batería

Reemplazando datos en la ecuación (3.5)

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia total del arreglo en paneles} &= 1,2 \times 208777,4 / 5,404 \\
 &= 4635,98816 \text{ Wp}
 \end{aligned}$$

El número de paneles puede ser calculado mediante la ecuación (3.6)

$$\begin{aligned}
 \text{Nº Paneles} &= \frac{P \text{ total del arreglo en paneles}}{P \text{ del panel}} & (3.6) \\
 &= 4635,98816 / 190 = 24 \text{ Paneles}
 \end{aligned}$$

Cálculo para la potencia de baterías

Para realizar este cálculo se necesita conocer y definir el tiempo que necesitamos

Autonomía: 3 horas días

$$L_{md} = 208777,4 \frac{W}{d}$$

Eficiencia: 80 % asumiendo que son baterías de descarga máxima 60% para no afectar vida útil.

Voltaje del sistema: 24 VDC

El cálculo de la potencia del banco de baterías es el producto de la cantidad de horas de autonomía y el consumo medio de energía en relación con la descarga y eficiencia mediante la ecuación (3.7)

$$P_{BANCO\ BATERIA} = Autonomía \times \frac{L_{md}}{\eta \times Descarga} \quad (3.7)$$

$$P_{BANCO\ BATERIA} = 0,3 \times \frac{208777,4}{0,8 \times 0,6}$$

$$P_{BANCO\ BATERIA} = 130485,875W$$

Considerar que el factor para el cálculo de baterías según su aplicación es

Factor para baterías

$$\begin{pmatrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \end{pmatrix} = \begin{matrix} \text{consumo cerrado que genera} \\ \text{consumo repartido} \\ \text{consumo cerrado no genera} \end{matrix}$$

$$P_{BANCO\ BATERIA} = 130465,875W \times 1.1 = 143534,4625W \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad total de bancos de bateria} &= P_{BANCO\ BATERIA} \div 24 \\ &= 5980,602W \end{aligned} \quad (3.9)$$

Conociendo la potencia de consumo de las baterías entonces se procede a dimensionar la cantidad de número de baterías, ecuación (3.10)

$$\begin{aligned} \text{Número de baterías} &= \frac{\text{Capacidad de bateria}}{A \cdot h \times Vdc} \\ &= \frac{5980.602}{14,4 \times 24} \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \text{Número de baterías} &= 17 \text{ baterías en paralelo} \\ &2 \text{ baterías en serie} \end{aligned}$$

$$\text{Número de baterías} = 34$$

Consideraciones del sistema fotovoltaico

Cálculo controlador de carga (regeneración de aceite)

Potencia máxima de los paneles $w_p = 4635,98816$

Voltaje del sistema $V = 24VDC$

El cálculo de la corriente de carga se lo realiza mediante la ecuación (3.11)

I_c = Corriente que consume la carga

$$I_c = \frac{P_{AC}}{220} = \frac{16000 + 373 + 1500 + 746}{220} \quad (3.11)$$

$$I_c = 84,63 \text{ A}$$

Tomando en consideración la corriente calculada para escoger el inversor el controlador de carga (regeneración de aceite).

Según el software Meteonorm los datos de temperatura ambiente máxima y mínima del cantón de Durán dadas las coordenadas de la planta de transformadores son las siguientes:

Para tener valores conservadores apegados al diseño se debe tomar una

Tolerancia de $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Para el cálculo aproximado de la de la célula

$$T_{a \text{ max}} = 32 \text{ }^\circ\text{C} + 5 \text{ }^\circ\text{C} = 37^\circ\text{C} \quad P = 190 \text{ W}$$

$$T_{a \text{ min}} = 23^\circ\text{C} - 5 \text{ }^\circ\text{C} = 18^\circ\text{C}$$

Empleando la fórmula de temperatura de la celda T_C , empleando la ecuación (3.12)

$$T_C = T_{amb} + I_{inc} \left(\frac{W}{m^2} \right) \times \frac{T_{vol}(^{\circ}C) - 20}{800} \quad (3.12)$$

Para el cálculo de la temperatura de la célula máxima T_{cmax} , empleando la ecuación (3.13)

$$T_{cmax} = 37 + \frac{1000 \times (46 - 20)}{800} = 69,5^{\circ}C \quad (3.13)$$

Para el cálculo de la temperatura de la célula mínimo T_{cmin} , empleando la ecuación (3.14)

$$T_{cmin} = 18 + 1000 \times \frac{(46 - 20)}{800} = 50,5^{\circ}C \quad (3.14)$$

Cálculos del sistema fotovoltaico

Características del inversor

$$P_N = 1000W$$

$$Rango V_{PMP} = \begin{cases} 250V \\ 820V \end{cases}$$

$$V_{cc\ max} = 1000V$$

$$I_{max} = 2000A$$

$$V_{oc(tc\ max)} = 33,32\ V$$

$$V_{ic(tc\ min)} = 35,25\ V$$

$$V_{pmp(tc\ max)} = 25,35\ V$$

$$V_{pmp(tc\ min)} = 27,36\ V$$

Cálculo de la temperatura máxima y temperatura mínima, empleando la ecuación (3.15) y (3.16) respectivamente.

$$T_{c\ max} = 28 + 1000 \left(\frac{46 - 20}{800} \right) = 60,5^{\circ}C \quad (3.15)$$

$$T_{c\ min} = 12 + 1000 \left(\frac{46 - 20}{800} \right) = 44,5^{\circ}C \quad (3.16)$$

Cálculo del voltaje de la temperatura máxima y temperatura mínima, empleando la ecuación (3.17) y (3.18) respectivamente.

$$V_{oc(T\ max)} = 37,6 \left[1 + \frac{(-0,32)(60,5 - 25)}{100} \right] = 30,01 \quad (3.17)$$

$$V_{oc(T\ min)} = 37,6 \left[1 + \frac{(-0,32)(44,5 - 25)}{100} \right] = 37,4 \quad (3.18)$$

$$V_{PMP(T\ max)} = 29,8 \left[1 + \frac{(-0,42)(60,5 - 25)}{100} \right] = 25,35 \quad (3.19)$$

$$V_{PMP(T\ min)} = 29,8 \left[1 + \frac{(-0,42)(44,5 - 25)}{100} \right] = 27,35 \quad (3.20)$$

$$n^0_{\max\ de\ string\ (T\ max)} = \frac{V_{Max\ Inv}}{V_{OC(T\ max)}} = \frac{1000}{33,32} = 30,01 \quad (3.21)$$

$$n^0_{\max de string (T min)} = \frac{V_{Max Inv}}{V_{OC(T min)}} = \frac{1000}{35,25} = 28,36 \quad (3.22)$$

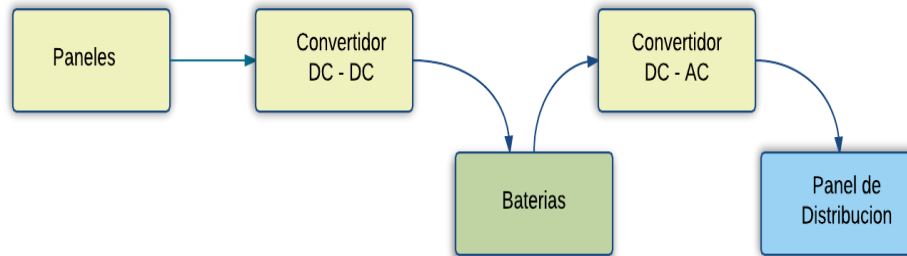


Figura 3.1: Diagrama esquemático del sistema fotovoltaico

EFICIENCIA	PÉRDIDAS
$\eta_{sol} = 97\%$	
$\eta_{temp} = 84,66\%$	
$\eta_{inversor} = 98,2\%$	
$\eta_{cableado} = 98,5\%$	$Pérdidas_{cableado} = 1,5\%$
$\eta_{Mismatch} = 98,5\%$	$Pérdidas_{Mismatch} = 1,5\%$
$\eta_{Pmp Rmp} = 99\%$	$Pérdidas_{Pmp Rmp} = 1\%$
$\eta_{Transformador} = 97\%$	$Pérdidas_{Transformadores} = 3\%$
	$Otras Pérdidas = 99\%$
	$Pérdidas_{por masa de aire} = 99.5\%$

Tabla 20. Pérdidas considerables dependiendo del tipo de sistema fotovoltaico.

Respecto a la separación entre paneles indiferentemente del tipo es necesario considerar los siguientes factores

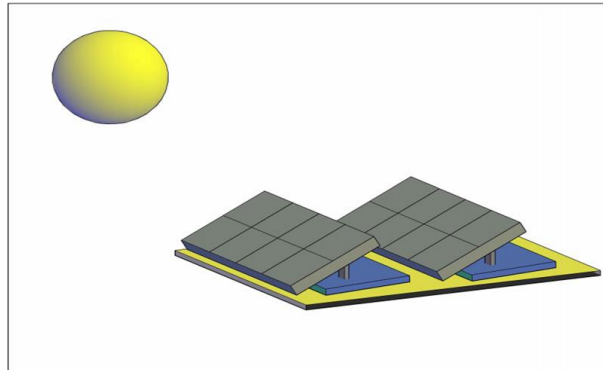


Figura 3.2 : Representación de puesta sol sobre los paneles

$$d = d_1 + d_2 = \frac{Z}{\tan(h_0)} + \frac{Z}{\tan(\beta)} = l * \left(\frac{\text{Sen}\beta}{\tan(h_0)} + \cos\beta \right)$$

En donde “d” es la suma de las distancias generadas por la ubicación del panel, d_1 representa por la posición del sol sobre el panel generando la sombra propia del panel (dependiendo de sus dimensiones), d_2 es la sombra generada por el ángulo de radiación del sol sobre el panel, Z representa la distancia del suelo a la altura máxima del panel y l es la longitud del panel.

Respecto a h_0 es el ángulo mínimo en el que el sol se reflejara en la zona Ecuatorial la cual dependerá de la latitud en la que se encuentre la zona en estudio que según datos proporcionados por Geohak es -2.2

Aplicando la fórmula para encontrar h_0

$$h_0 = (90^\circ - \text{latitud del sitio en estudio}) - 23.5^\circ$$

$$h_0 = (90^\circ - (-2.2^\circ)) - 23.5^\circ = 68.7^\circ$$

Para el cálculo de Z se tiene que considerar el el ángulo del panel sobre la superficie recomendado por el fabricante o emplear el ángulo mínimo recomendado para la instalación de un panel es que es $\beta = 10^\circ$;

Como datos técnicos tenemos que :

$$P = 190W$$

$$A.M = 1.5$$

$$T_c = 25^{\circ}C$$

$$P_{teórica} = 1000 \frac{W}{m^2} * 1,6335m^2 \quad (3.23)$$

$$\text{Área del panel} = 1580mm * 808mm * 45mm \quad (3.24)$$

$$l = 1.58m$$

Calculando Z se obtiene:

$$z = l * \text{sen}(\beta) \quad (3.25)$$

$$z = 1.58\text{sen}(10)$$

$$z = 0.28m$$

Calculando d:

$$d = l * \left(\frac{\text{sen}(\beta)}{\tan(\theta)} + \cos(10) \right) \quad (3.26)$$

$$d = 1.58 * \left(\frac{\text{sen}(10)}{\tan(68.7)} + \cos(10) \right)$$

$$d = 1.66m$$

Por lo tanto:

$$d1 = d - d2 \quad (3.27)$$

$$d1 = 1.66 - \frac{z}{\tan(\beta)} \quad (3.28)$$

$$d1 = 1.66 - \frac{0.28}{\tan(10)}$$

$$d1 = 0.07m$$

Entonces la distancia entre cada uno de los paneles para que pueda absorber la mayor cantidad de radiación y ser más eficientes es de 0.07m de distancia.

Análisis de costos

Referente a costos aproximados del sistema, estimando un consumo de \$60 cada 15 días al mes se obtiene que el costo aproximado sea de \$10800, mientras que el costo del proyecto sería aproximadamente \$22050.

COSTOS	Diario	N° de días	Cosumo total
Consumo de Diesel	\$ 60,00	15	\$ 900,00

AÑO 2015	
Enero	\$ 900,00
Febrero	\$ 900,00
Marzo	\$ 900,00
Abril	\$ 900,00
Mayo	\$ 900,00
Junio	\$ 900,00
Julio	\$ 900,00
Agosto	\$ 900,00
Septiembre	\$ 900,00
Octubre	\$ 900,00
Noviembre	\$ 900,00
Diciembre	\$ 900,00
	\$ 10.800,00

Costo del Panel	N° Paneles	Inversión
\$ 300,00	24	\$ 7.200,00
Costo del Inversor DC DC	N°	Inversión
\$ 5.800,00	1	\$ 5.800,00
Costo del Inversor DC AC	N°	Inversión
\$ 6.500,00	1	\$ 6.500,00
BATERÍA 12 VDC	N°	Inversión
\$ 75,00	34	\$ 2.550,00

Costo Total	\$ 22.050,00
--------------------	---------------------

Costo aproximado esperado 2016	\$ 10.800,00
--------------------------------	--------------

Costo de consumo económico 2015 -2016	\$ 21.600,00
---------------------------------------	--------------

Tabla 20. Análisis de costos del proyecto

Aunque los costos representativos del último año no son reales debido a que se tomó como referencia solo 10 facturas del año 2015 (por ser información confidencial) y a estas se las promedió, tomando en consideración que el tratamiento en el aceite es uno de los correctivos más comunes se puede llegar a la conclusión de que el consumo económico en dos años puede ser un costo aproximado de \$21000 dólares, es decir si la empresa decide invertir en este proyecto tranquilamente en un máximo de 3 años puede recuperar el monto invertido.

3.2 Estructura de soporte

Al momento de elegir una estructura fija para nuestro soporte encontramos varias opciones en el mercado, que van desde materiales contruidos en acero galvanizado hasta estructuras de aluminio, también encontramos distintos tipos de hormigonado o atornillado en el terreno donde se realizara la instalación.

En nuestro caso utilizaremos una estructura fija de aluminio la cual proporcionara una inclinación de 10 grados con respecto a la horizontal.

La estructura escogida no solo garantizara el buen anclaje de nuestros paneles, sino también la orientación y el ángulo de inclinación que hemos escogido para así aprovechar de manera óptima la radiación solar.

El sistema seleccionado consta de postes incrustados en nuestro terreno de trabajo se puede realizar dicha incrustación de diferentes formas, en nuestro caso utilizaremos bases de hormigón ya que deseamos que este permanezca fijo, sobre las bases colocaremos los soportes donde irán ubicados nuestros paneles al respectivo ángulo que definimos previamente.

El sistema escogido para la instalación de los módulos es el sistema K2, patentado por la firma alemana Krannich solar, están fabricadas en

aleación de aluminio 6063 T66 AlMgSi 05 F22. Esta combinación ha demostrado ser especialmente resistente al agua del mar y también en ambientes salubres, por lo que, además, está recomendada para instalaciones en lugares costeros.

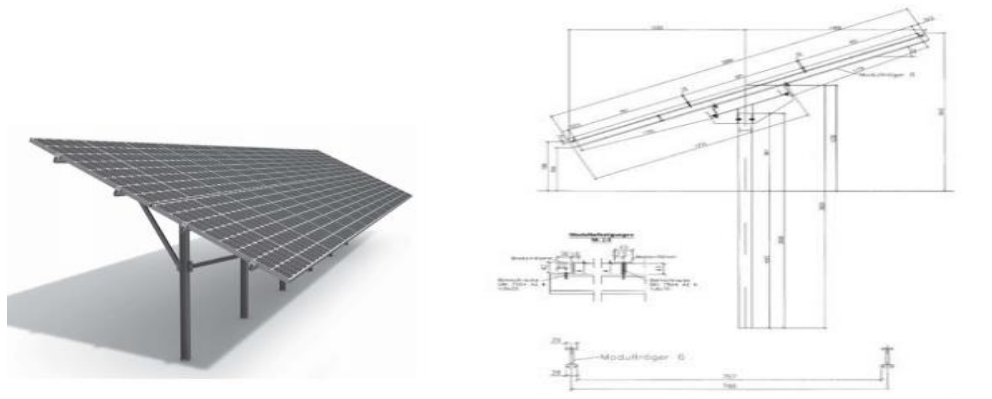


Figura 3.3: Estructura del diseño del soporte [9]

El sistema será protegido de manera superficial para evitar la corrosión debido a los agentes externos al sistema, la aplicación de la protección se realizara como etapa final de la instalación. Toda la tornillería utilizada sin importar las diferentes medidas deberá ser de acero inoxidable con el fin de cumplir la norma MV-106.

Las características del sistema de instalación son:

- Diseño de aluminio.
- Dos metros de distancia entre postes.
- Longitud de hilera ajustable dependiendo del número de paneles que deseemos instalar en la misma.
- Inclinación del panel ajustada a nuestro requerimiento.

- Instalación en el terreno con hormigón.

3.3 Protecciones eléctricas

En todo proyecto eléctrico se deben considerar 3 tipos de protecciones que son necesarias en las instalaciones para evitar daños a los equipos utilizados y fundamentalmente a las personas que van a usar el sistema. Los tipos de protecciones son los siguientes:

- Protección contra sobre corrientes.
- Protección contra sobretensiones.
- Protección contra electrocución.

Cada una de las protecciones tiene una función específica, las dos primeras son para evitar la pérdida de los bienes materiales y la tercera para evitar que las personas sufran algún tipo de accidente.

- Protección contra sobre corrientes

Esta protección actúa cuando existe una sobre intensidad en el sistema, a esto se le llama cuando se presentan valores superiores de corriente respecto al valor nominal a la que está diseñado el circuito. La sobre intensidad puede ser causada por una sobrecarga, una falla a tierra o un cortocircuito.

Este tipo de fenómenos pueden ocurrir como consecuencia de fallos de aislamiento, rotura de conductores, averías en el equipo o errores humanos, etc. La función del dispositivo de protección es abrir el circuito en otras palabras la desconexión de energía en la sección de la instalación donde se encuentra la sobre intensidad.

- Protección contra sobrecargas

Las sobrecargas son a causa de aumentos repentinos en el voltaje, este circula a través de la línea eléctrica a una intensidad superior a la que fue diseñada produciendo daños en los componentes, se manifiestan a través de un aumento de corriente y de ciertos efectos térmicos.

- Protección contra cortocircuitos

Los cortocircuitos son corrientes muy elevadas debidas a fallos de aislamiento, rotura de conductores, averías en equipos, errores humanos etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La energía fotovoltaica Este tipo de energía colabora al medio ambiente a través de la acumulación de la energía solar, se recalca que para poder acumular esta energía es necesario tener un banco de baterías adicional al empleado para generar dicha energía.
2. Referente a la marca del panel a escoger en un dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es basado a la temperatura mínima y máxima de tolerancia, además de potencia del panel, sin dejar de considerar la irradiación solar en la ubicación ya que se corre el riesgo de sobredimensionar el uso de la potencia del panel solar.
3. Después de conocer la carga a energizar mediante la energía renovable es muy importante escoger el tipo de sistema fotovoltaico que se desea tomar como referencia, cuando son cargas no muy grandes se recomienda el sistema aislado ya que es el más óptimo para esta aplicación industrial debido a que la carga sería de uso exclusivo de una máquina.
4. Las pérdidas generadas por cada uno de los dispositivos es de suma importancia debido a la potencia que se desea abastecer en la planta o en cualquier otra aplicación en la que se desee emplear este tipo de energía renovable.
5. La colaboración a la no contaminación del medio ambiente empleando energías renovables es muy importante tomando en consideración que las normativas vigentes respecto al medio ambiente en el país se están implementando.

Recomendaciones

1. Previo al análisis de los componentes del sistema fotovoltaico se recomienda conocer y verificar la cargabilidad de los equipos a alimentar debido a que los costos de los elementos a emplearen el sistema.
2. Para obtener datos más aproximados es necesario adquirir las licencias del software escogido para el análisis de la radiación, ya que con la adquisición de todos los derechos se puede obtener una mejor información, claro está que también se puede contar con los demos.
3. La irradiación del sector es un elemento que debe ser muy considerado, ya que dependerá de este factor el ángulo de inclinación del panel, en este caso se empleó una estructura fija, pero cuando es regulable se tendrá que obtener un intervalo de ángulos para que este puede ser variado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Ecuador, CONELEC, ATLAS SOLAR DEL ECUADOR [online], disponible en:
http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf, p. 5.

[2] Google maps [Online]. Disponible en:

<https://www.google.com/maps/place/Brittransformadores+S.A./@-2.194961,-79.8237786,17.75z/data=!4m2!3m1!1s0x0000000000000000:0xe526fd66a926c230?hl=es-ES>

[3] CONELEC, ATLA SOLAR DEL ECUADOR AGOSTO 2008[online], disponible en: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf, p. 50

[4] ORLANDO ÁLVAREZ, [online] disponible en: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/ISEREE_Radiaci%C3%B3n-solar-global-en-la-regi%C3%B3n-sur-del-Ecuador.pdf

[5]GEOHACK, [online], disponible en:
<http://dateandtime.info/es/citycoordinates.php?id=3128760>

[6]METEONORM [Online], disponible en:
http://www.meteonorm.com/en/buy/meteonorm_software/meteonorm-vollversion

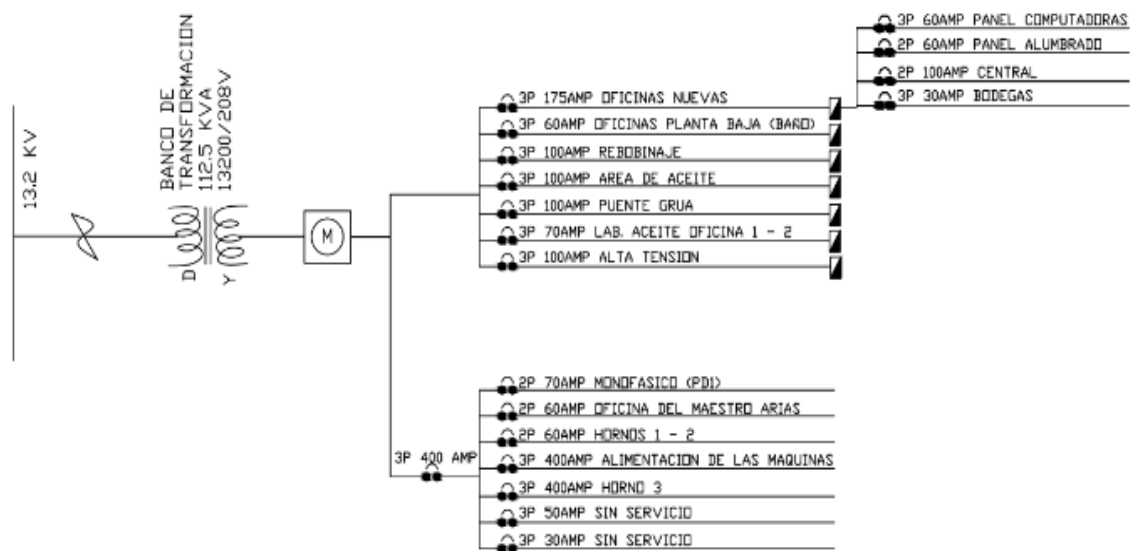
[7]GEOSOL, Diseño y programación: Alejandro Hernandez . [Online], disponible en:
<http://geosol.software.informer.com/1.0/>

[8] NASA, Datos de radiación, 2015. [Online], disponible en:
https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=100088&lat=2.628&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=swvdowncook&p=swv_dwn&step=2&lon=-80.406

[9] Grupo Elecnor, Productos/ estructuras y soporte, [Online], disponible en :
<http://www.atersa.com/categoriaproductos.asp?param=8>

ANEXOS

Anexo a: Diagrama unifilar de la planta de transformadores



Anexo b: Proforma de paneles solares

PROVIENTO S.A. Energias Renovables Ecuador			
RUC: 1791819446001			
Proforma #:	02-0216	Fecha:	1-feb.-16

Proforma por:

Equipos Medición:		Equipos Generación:		X	Servicios Internos:		Servicios externos:		
Cantidad:		Descripción Item:					Valor (USD)		
#	En Stock						Unidad	Total	
2	Pcs	20	Panel Solar 140W/12VDC Paneles de calidad SIMAX se venden mucho en Alemania y Australia, razon por la cual la empresa tiene puntos de venta en estos paises. Panel Policristalino 140 Wp / 12V Variación de potencia: 3% Voltaje circuito abierto/optimo: 21,68/ 17,80 V Corriente cortocircuito/optimo: 8,38/ 7,76 A Max. Voltaje String: 1000VDC Número de celdas: 36 Dimensiones: 1482 x 676 x 35 mm Peso: 12,5 Kg Garantía técnica de 2 años Certificados: IEC, UL, CE, ISO, TUV					210,00	420,00
									
									
1	Pcs	90	Panel Solar Monocristalino 190Wp/24VDC Paneles de calidad SIMAX se venden mucho en Alemania y Australia, razon por la cual la empresa tiene puntos de venta en estos paises. Panel Monocristalino 190 Wp / 24V Potencia: 190W +/- 3% Voltaje circuito abierto/optimo: 44 / 36,5V Corriente cortocircuito/optimo: 5,77 / 5,34 A Configuración: 125 x 125mm Modules: 6 x 12 Max. Voltaje String: 1000VDC Dimensiones: 1580 x 808 x 45 mm Garantía técnica 5 años Garantía de potencia: 90% a 10 años, 80% a 25 años Certificado IEC, TUV, UL					300,00	300,00
									
									

Anexo c: Costos de baterías

<http://www.proviento.com.ec/baterias.html>