



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

ESTUDIO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA CONECTADO A LA RED PARA LA FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, E IMPLEMENTAR UN MODELO DEMOSTRATIVO CON ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DURANTE EL AÑO 2012.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

AUTORES:

Lora Encalada Diego Patricio

Ortega Moreno Leonardo Javier

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Ramiro Flores

Ibarra, 2012

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. RAMIRO FLORES

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por los señores estudiantes, **LORA ENCALADA DIEGO PATRICIO Y ORTEGA MORENO LEONARDO JAVIER** que han cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica en la elaboración del presente Trabajo de Grado pudiendo estos realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.

.....
Ing. Ramiro Flores

Ibarra, Octubre 2012

AUTORÍA

Nosotros, Leonardo Javier Ortega Moreno y Diego Patricio Lora Encalada, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de investigación es de nuestra total autoría, que no ha sido previamente presentado ante ningún tribunal de grado, ni calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma -----

Nombre: Leonardo Javier Ortega Moreno

Encalada

Cédula: 1002904124

Firma -----

Nombre: Diego Patricio Lora

Cédula: 0401523006

RESUMEN

El presente estudio investigativo, está diseñado con la finalidad de realizar un estudio de un sistema integral de generación eléctrica fotovoltaica conectado a la red para la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte, e implementa un modelo demostrativo con acumulación de energía en el taller de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico para consolidar los conocimientos de las nuevas tendencias energéticas que se pueden adaptar a nuestro medio y contribuir en la preservación del ecosistema como es el compromiso de nuestra casona universitaria, de ahí que de acuerdo al presente estudio existen los aspectos favorables para la implementación del proyecto. El primer capítulo está enfocado a la ejecución de un diagnóstico situacional de cómo encontrar las nuevas alternativas energéticas que a futuro remplazaran a la tipo convencional que hoy utilizamos, este estudio permitirá conocer la situación real del problema, sus causas y consecuencias que ayudará a definir el problema. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, realizado a través de fuentes de información secundaria, en base a libros, textos, revistas, periódicos y páginas de internet; así también se ha tomado en cuenta documentos de instituciones involucradas en la investigación, con ello se ha determinado los fundamentos científicos de la misma. En el tercer capítulo se definen los tipos de investigación, métodos y técnicas que contribuyeron al cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto, en el cuarto capítulo se realizó un análisis de la demanda energética de la FECYT encontrando aquí la iniciativa para el diseño de la propuesta además se realizó el procesamiento de datos de radiación y heliófila. El capítulo quinto abarca las conclusiones y posteriormente las recomendaciones que se perfilan a la solución del problema. El capítulo seis detalla la propuesta tecnológica de solución que se plantea como alternativa al problema formulado en el capítulo I. Además describe cada uno de los materiales que son parte de la implementación del demo que se ejecutó y por ultimo quedan todos los anexos como son bibliografía, diagrama unifilar y fotografías del proyecto.

SUMMARY

This research study is designed in order to conduct a comprehensive study of a photovoltaic power generation connected to the network for the College of Education Science and Technology of the Technical University of the North, and implements a demonstration model with energy storage Workshop on Electrical Maintenance Engineering to consolidate the knowledge of new energy trends that can be adapted to our environment and contribute to the preservation of the ecosystem as is the commitment of our university house, hence according to this study there are favorable aspects of project implementation. The first chapter focuses on the implementation of a situational analysis of how to find new alternative energy future that will replace the conventional type we use today, this study will reveal the real situation of the problem, its causes and consequences that help define the problem. In the second chapter develops the theoretical framework, conducted through secondary information sources, based on books, texts, magazines, newspapers and websites, so has also been taken into account documents of institutions involved in research, with This has given the scientific basis of the same. In the third chapter defines the types of research, methods and techniques that contributed to the achievement of the objectives outlined in the project, in the fourth chapter is an analysis of the energy demand of the FECYT finding here the initiative to design the was also proposed data processing and heliophany radiation. The fifth chapter covers the conclusions and the recommendations that are outlined in the solution of the problem. Chapter six details the proposed technological solution that could be an alternative to the problem formulated in Chapter I. It also describes each of the materials that are part of the implementation of the demo was run and finally left all attachments such as literature, line diagram and photographs of the project.

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta Tesis a:

Mis padres, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo eso con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi esposa Jazmín, a ella especialmente le dedico esta Tesis. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, porque lo quiero. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para con seguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podré estar suficientemente agradecido.

Para mi hija, Alisson ella es lo mejor que me ha pasado, y ha venido a este mundo para darme un empujón para terminar este arduo trabajo. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

Y a todas aquellas personas que en su debido momento me supieron ayudar, como mis abuelos, tías y amigos con un consejo, con una voz de aliento que sin duda formó parte de este arduo trabajo universitario y siempre estuvieron dándome mucho ánimo para llegar aún más lejos,

A todos ellos,

Muchas gracias de todo corazón.

DIEGO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todas aquellas personas quienes contribuyeron en mi formación académica ya que son ellas quienes vivieron los buenos y malos momentos y además esperaron tan anhelando día que será por siempre recordado, esto de seguro lo llevare dentro de mi corazón y mi mente.

LEONARDO

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a la paciencia que me dio Dios para sacar adelante esta tesis, y finalmente lograr graduarme.

Agradezco a mis Padres por todo el apoyo que día a día me brindaron, mi esposa mi hija que es y será la inspiración y razón de mi vida hoy y siempre les quedare eternamente agradecido, y como olvidar de ese apoyo y esfuerzo que surgió en el trayecto del trabajo de grado a usted ingeniero Ramiro Flores un fraterno e inolvidable agradecimiento mil gracias.

DIEGO

Primeramente quiero agradecer a la paciencia que Dios puso en mí para sobrellevar en adelante esta tesis, y finalmente lograr graduarme.

Agradezco a mis Padres, Tíos, a mi Prima Yolanda Escobar y Familia por todo el apoyo que día a día me brindaron, con sus sabios consejos e incondicional apoyo desinteresado que de una u otra manera se hicieron presentes para culminar esta nueva etapa de mi vida.

Agradezco infinitamente la ayuda que nos fue dada por nuestro tutor, Ing. Ramiro Flores, gracias también a nuestros docentes Ing. Mauricio Vásquez, Ing. Hernán Pérez, Ing. Pablo Méndez, Dr. Cesar Bohórquez, y a un gran amigo que su nombre es Jesús.

LEONARDO

PRESENTACIÓN

La presente investigación, se orienta con el firme propósito de innovar la producción y comercialización de energía eléctrica empleando alternativas energéticas que se desarrollan a medida que se observa el deterioro notable del medio ambiente, hoy es la hora de poner nuestro esfuerzo de conservación de un planeta más verde como es el caso de nuestra casona universitaria quién emprendió el camino de Universidad Sustentable. Estamos conscientes que la energía es la que mueve al mundo así ha sido desde el inicio de los tiempos, pero hoy la forma que la obtenemos está cambiando, llevamos muchos años utilizando combustibles fósiles pero al ritmo en que los usamos el que se agoten solo será cosa del tiempo. El desafío energético consiste en encontrar nuevas alternativas.

La investigación posibilita conocer las potencialidades, y dificultades para la generación de energía solar fotovoltaica, tomando en cuenta que en el sector donde se encuentra ubicado nuestro país esta privilegiado para imponer estas alternativas que hoy en día ya lo estamos viviendo. Este estudio surge con la necesidad de conocer las posibilidades de establecer la factibilidad de producción y comercialización.

La presente investigación consta de seis capítulos, desarrollados de forma técnica que han permitido determinar la posibilidad de establecer nuevas alternativas energéticas, innovadoras y comprometidas con la preservación del ecosistema, además que será a futuro una alternativa de ingresos económicos para quienes tomen la iniciativa de invertir en este tipo de energías que las llaman energías futurista las cuales ofrecen fuentes de empleo y desarrollo continuo en nuestra localidad.

La investigación define una serie de aspectos técnicos y científicos sobre la producción y comercialización de la energía solar fotovoltaica y cuenta con un estudio técnico, financiero, y nivel de impactos que garantiza la implementación del presente estudio.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del Problema.	2
1.3. Formulación del Problema.	3
1.4. Delimitación del Problema.	3
1.4.1. Espacial	3
1.4.2. Temporal	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Justificación.	4
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.	6
2.1. Generación Fotovoltaica.	6
2.1.1. Energía	6
2.1.1.1. Transformación de Energía.	6
2.1.1.2. Radiación.	7
2.1.1.3. Radiación Solar.	7
2.1.1.4. Energías Renovables.	8
2.1.1.5. Energía Solar Fotovoltaica.	8
2.1.2. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica.	9
2.1.3. Generación Solar Fotovoltaica.	9
2.1.4. Células Fotovoltaicas.	10
2.1.4.1. Paneles Fotovoltaicos.	11
2.1.4.2. Tipos de Paneles Fotovoltaicos.	13
2.1.4.3. Partes de un panel fotovoltaico.	15
2.1.5. Elección de las placas solares	15
2.1.6. Dimensionamiento de los paneles solares	16
2.1.7. Inclinación de los Módulos fotovoltaicos.	19
2.1.8. Instalación de los paneles solares.	20
2.1.9. Reguladores de Carga.	21
2.1.10. Acumuladores	21
2.1.10.1. Baterías para uso con sistemas fotovoltaicos.	22

2.1.11.	Inversores.	23
2.1.12.	Cableado	25
2.1.13.	Protecciones.	26
2.1.14.	Tipos de Sistemas de Generación Fotovoltaica.	28
2.1.15.	Ventajas de la generación fotovoltaica.	30
2.1.16.	Desventajas de la generación Fotovoltaica.	31
2.2.	Marco Legal.	31
2.2.1.	Disposiciones fundamentales.	32
CAPÍTULO III		37
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	37
3.1.	Tipo de Investigación.	37
3.1.1.	Investigación bibliográfica y documental.	37
3.1.2.	Investigación de campo.	38
3.2.	Métodos.	39
3.2.1.	Método Inductivo Deductivo.	39
3.2.2.	Método Analítico Sintético.	39
3.3.	Técnicas e Instrumentos.	39
3.4.	Esquema de la propuesta.	40
CAPÍTULO IV		41
4.	Análisis de datos.	41
4.1.	Análisis e Interpretación de resultados.	41
4.2.	Comercialización de sistema fotovoltaico en el Ecuador.	42
4.3.	Mediciones de la demanda eléctrica de la (FECYT).	44
4.3.1.	Demanda energética de la FECYT día 1.	44
4.3.2.	Demanda energética de la FECYT día 2.	45
4.3.3.	Demanda energética de la FECYT día 3.	47
4.3.4.	Demanda energética de la FECYT día 4.	49
4.3.5.	Demanda energética de la FECYT día 5.	51
4.3.6.	Demanda energética de la FECYT día 6.	53
4.3.7.	Demanda energética de la FECYT día 7.	55
4.3.8.	Demanda energética de la FECYT día 8.	57
4.3.9.	Análisis de la demanda eléctrica total.	59
4.4.	Mediciones de Radiación.	60
4.5.	Incidencia de la radiación en la ciudad de Ibarra.	61
4.6.	Elección del sistema a implementarse.	62

CAPÍTULO V	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. Conclusiones	63
5.2. Recomendaciones	64
CAPITULO VI	65
6. Propuesta tecnológica	65
6.1. Tema:	65
6.2. Justificación	65
6.3. Fundamentación	65
6.4. Objetivos	66
6.4.1. Objetivo general	66
6.4.2. Objetivos específicos	66
6.5. Desarrollo de la propuesta	66
6.5.1. Dimensionamiento del sistema conectado a la red.	67
6.5.2. Placas Solares.	68
6.5.3. Inversor	69
6.5.4. Dimensionamiento del Módulo Fotovoltaico	71
6.5.5. Dimensionamiento del inversor	73
6.5.6. Cableado	74
6.5.7. Cuadro de resumen del diseño de la central solar fotovoltaica	76
6.5.8. Calibración de equipos de protección.	78
6.5.8.1. Fusible:	79
6.5.8.2. Interruptor Automático CC:	79
6.5.8.3. Interruptor Diferencial Automático Magneto térmico:	79
6.5.8.4. Fusible NH:	80
6.5.8.5. Fusible en MT	80
6.5.8.6. Transformador de fuerza.	81
6.5.8.7. Apartamenta eléctrica	81
6.6. Presupuesto del proyecto	82
6.6.1. Análisis Económico	83
6.6.2. Inversión y financiamiento.	83
6.6.3. Supuestos financieros (Flujo de caja)	83
6.6.4. Flujo De Ingresos	83
6.6.5. VAN.	84
6.6.6. TIR	84

6.6.7.	Costos y gastos del proyecto.	85
6.6.8.	Costo anual de operación, mantenimiento y administración	85
6.6.9.	Energía generada	86
6.6.10.	Ingresos operacionales.	87
6.6.11.	Energía vendida:	88
6.6.12.	Cálculo Económico, determinación de índices financieros.	88
6.6.13.	Costos evitados	90
6.7.	Generación Energética para los próximos años.	91
6.7.1.	Proyección de la generación eléctrica renovable y no renovable.	91
6.8.	Normativa del proyecto fotovoltaico.	92
6.9.	Implementación del modelo Fotovoltaico demostrativo.	93
6.9.1.	Ubicación	93
6.9.2.	Características físicas del sistema	94
6.9.3.	Diseño del sistema de generación fotovoltaica.	95
6.9.4.	Funcionamiento del sistema	95
6.9.5.	Modo ON	96
6.9.6.	Modo OFF	96
6.9.7.	Esquema del Circuito	96
6.9.8.	Instructivo general de los elementos	97
6.9.8.1.	Paneles Solares	97
6.9.8.2.	Regulador de Carga	98
6.9.8.3.	Acumulador	101
6.9.8.4.	Actuadores en DC	103
6.9.8.5.	Inversor DC/AC	104
6.9.9.	Mantenimiento del sistema	105
6.10.	Impacto medioambiental	107
6.11.	Recursos	109
6.11.1.	Recursos humanos	109
6.11.2.	Recursos institucionales	109
6.11.3.	Recursos materiales	109
6.12.	Cronograma de actividades	110
6.13.	Bibliografía	111
6.13.1.	Manuales y revistas	113
6.13.2.	Lincografía	113
6.14.	Matriz de Coherencia	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 2. 1: Interacción de la luz	7
Grafico 2. 2: Célula Fotovoltaica.....	10
Grafico 2. 3: Central Fotovoltaica	12
Grafico 2. 4: Panel Solar mono - cristalino.....	13
Grafico 2. 5: Panel Solar Poli - cristalino.....	14
Grafico 2. 6: Panel con sistemas de concentración.....	14
Grafico 2. 7: Panel de forma de teja	15
Grafico 2. 8: Instalación de un panel.....	20
Grafico 2. 9: Acumulador de energía	21
Grafico 2.10: Planta con varios inversores.....	21
Gráfico 4. 1: Demanda energética día 1	45
Gráfico 4. 2: Demanda energética día 2	47
Gráfico 4. 3: Demanda energética día 3	49
Gráfico 4. 4 : Demanda energética día 4	51
Gráfico 4. 5: Demanda energética día 5	53
Gráfico 4. 6: Demanda energética día 6	55
Gráfico 4. 7: Demanda energética día 7	57
Gráfico 4. 8: Demanda energética día 8	58
Gráfico 4. 9: Demanda energética total.....	59
Gráfico 4. 10: Radiación solar Ibarra	61
Gráfico 6. 1 Ubicación del proyecto FV	67
Gráfico 6. 2: Diagrama de corrientes de la CSFV.....	78
Gráfico 6. 3: Generacion eléctrica fotovoltaica.....	86
Gráfico 6. 4: Saldo del flujo de caja vs Años vida útil.....	90
Gráfico 6. 5: Proyección eléctrica fotovoltaica.....	92
Gráfico 6. 6: Edificio de Educación Técnica.....	94
Gráfico 6. 7: Diseño del sistema.....	95
Gráfico 6. 8: Diagrama de conexión eléctrica.....	96
Gráfico 6. 9: Modo de conexión lámparas.....	104
Gráfico 6. 10: Impacto medio ambiental.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Angulo de inclinación	19
Tabla 2. 2: Precios preferentes Energía Renovable (ctvs. Usd/KWh)	33

Tabla4. 1: Proveedores a nivel nacional (Paneles)	43
Tabla4. 2: Demanda día 1	44
Tabla4. 3: Demanda día 2	46
Tabla4. 4: Demanda día 3	48
Tabla4. 5: Demanda día 4	50
Tabla4. 6: Demanda día 5	52
Tabla4. 7: Demanda día 6	54
Tabla4. 8: Demanda día 7	56
Tabla4. 9: Demanda día 8	58
Tabla4. 10: Mediciones de radiacion solar UTN	61
Tabla4. 11: Cuadro comparativo entre las mediciones realizadas y el CONELEC.	62

Tabla 6. 1: Datos técnicos Módulo de capa fina con células monocristalinas.....	69
Tabla 6. 2: Inversores solares Carlo Gavazzi	71
Tabla 6. 3: Resumen del cableado de la instalación	78
Tabla 6. 4: Detalle del presupuesto	82
Tabla 6. 5: Energía Total Anual Generada	87
Tabla 6. 6: Flujo de caja para el caso de ingreso por de venta de energía.	89
Tabla 6. 7 Datos técnicos paneles zytech	98
Tabla 6. 8 Datos Técnicos Regulador de carga	99
Tabla 6. 9 Especificaciones técnicas del acumulador.....	102
Tabla 6. 10 Datos técnicos actuadores	103
Tabla 6. 11: Datos técnicos del inversor	104
Tabla 6. 12: Cronogramas de actividades.....	110

ECUACIONES:

Ecuación 2. 1	17
Ecuación 2. 2	17
Ecuación 2. 3	18
Ecuación 2. 4	18
Ecuación 2. 5	18
Ecuación 2. 6	19
Ecuación 2. 7	24
Ecuación 2. 8	26

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Las energías renovables son aquellas que tienen un potencial inagotable, se encuentran algunos ejemplos: solar, mareomotriz, eólica, geotérmica, entre otras. Por estos motivos, muchos autores les conceden el nombre de materias primas de esta forma se distinguen, incluso desde una forma semántica las energías finitas de las que el sol reproduce continuamente y con garantía de regeneración ecológicamente compatible.

En nuestro país, la aplicación de energías renovables ha sido casi nula, y de esta forma estamos dejando de aprovechar los beneficios que se puede tener cuando utilizamos este tipo de energías, por su ubicación geográfica, el Ecuador posee diversos tipos de climas como: cálido, cálido húmedo y tropical, que benefician a la generación.

Debido al cambio climático que se registra en el mundo, nuestro país no ha sido la excepción; tanto han llegado a registrarse temperaturas muy elevadas, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) las mayores temperaturas se registran en la región interandina. En esta zona la temperatura máxima absoluta es de mayor intensidad respecto al resto de regiones, la temperatura es directamente proporcional a la incidencia de sol que se ve reflejada en la zona.

Desde hace años atrás, la Universidad Técnica del Norte, pretende implementar el proyecto llamado Universidad Sustentable, dado que en Latinoamérica algunas academias de formación profesional están en el gran desafío de imponer nuevas tendencias de estudio, debido a la conmoción

con el cambio climático que hoy en día se vive. El estudio de energías alternativas es fundamental para la Universidad, el país y el mundo, tomando esto como alternativa para las instalaciones eléctricas de nuestros domicilios.

1.2. Planteamiento del Problema.

En la actualidad la demanda energética se transforma en una necesidad infalible, la mayor parte de la energía es gracias a los combustibles fósiles y baratos como es el petróleo, carbón, y el gas natural que parecieran ser abundantes y eternos, hoy en día la posibilidad de encontrar petróleo se torna cada vez más difícil a medida que pasan los años sin mencionar los potenciales daños al medio ambiente que este y otros combustibles ocasionan, el carbón es barato y relativamente abundante, pero como todo combustible fósil contribuye al deterioro de la capa de ozono y cambio climático debemos optar por conseguir nuevas tendencias energéticas, si realmente queremos resolver este problema debemos entender que la energía renovable es una alternativa renovadora para un planeta más verde y menos contaminado.

En el 2050 la energía eléctrica será más costosa y difícil de obtener a medida que disminuyan las fuentes, también está el impacto ambiental y de salud que conlleva los procesos de combustibles fósiles, por lo que no hay duda que existe un problema y todos deseamos esa pronta solución única que ponga fin a todos nuestros problemas energéticos, e indudablemente se asienta una idea a consideración basado en el estudio de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, donde se realizó un minucioso análisis del consumo energético que dicha Facultad actualmente posee en condiciones normales de trabajo, ante la necesidad que implica la energía eléctrica y todos los usos y beneficios

que se pueden obtener de esta, se refleja la necesidad de investigar cómo influye la adecuada utilización de la energía eléctrica, libre de contaminación al medio ambiente y generada en base a paneles solares como un aporte para preservar el medio ambiente y sin detener el avance científico que el ser humano ha emprendido en el nuevo siglo.

1.3. Formulación del Problema.

¿Cómo diseñar un sistema de generación fotovoltaica conectado a la red, analizando el consumo de la FECYT con un estudio costo beneficio y una aplicación de un demostrativo con acumulación de energía en el taller de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico?

1.4. Delimitación del Problema.

1.4.1. Espacial

El estudio de generación eléctrico fotovoltaico se basó en la demanda energética de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología el cual es un aporte teórico, económico y didáctico con la implementación demostrativa, que se ejecutó en el taller de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

1.4.2. Temporal

La investigación teórico práctica se la ejecutó entre los últimos meses del 2011 hasta el primer semestre del año 2012; esto se lo realizó tomando en cuenta el tiempo estimado de prueba para el correcto funcionamiento del modelo tecnológico.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Realizar el estudio de un sistema integral de generación eléctrica fotovoltaica conectado a la red para la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte en el año 2012.
- Implementar un modelo demostrativo con un sistema de acumulación de energía en el taller de electricidad de la carrera Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento del consumo eléctrico de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología, y determinar la potencia de consumo.
- Investigar la incidencia del sol, sobre la zona geográfica de estudio para determinar la factibilidad del proyecto.
- Realizar un estudio costo beneficio del sistema fotovoltaico.
- Construir el modelo demostrativo.

1.6. Justificación.

El problema de la generación fotovoltaica hace algunos años, era el costo de su implementación, actualmente ha tenido una considerable reducción, a tal punto que el precio del KW de potencia instalada fotovoltaica oscila entre \$4.000 y \$5.000. Debido a que el precio del silicio usado en la fabricación de la mayoría de paneles solares, está al alza; los fabricantes están utilizando otros materiales y paneles de silicio más delgados para bajar los costos de producción, debido a economías de escala, los paneles solares se hacen menos costosos según se usen y se fabriquen más. A medida que se

aumente la producción, los precios continuarán bajando en los próximos años.

El proyecto sostiene la generación de energía pura y libre de contaminación, dicha energía se obtiene a través de la radiación solar, cabe destacar que el sol es una fuente de energía inagotable. Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es la posición geográfica de nuestro país, ya que la mayoría de ciudades del Ecuador reciben abundante radiación solar. Un ejemplo real es la generación fotovoltaica que instaló el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER) en las comunidades del Chota y Ambuquí, las cuales se encuentran a pocos minutos de la ciudad de Ibarra. En las comunidades mencionadas, la incidencia del sol para la generación fotovoltaica es más óptima en comparación a otras existentes en Europa y Asia.

Se ha considerado que los paneles solares fotovoltaicos generan poca electricidad, siempre se ha pensado que la energía solar sirve para alumbrar calles o semáforos y eso no es cierto; los sistemas fotovoltaicos se utilizan en todo el mundo para brindar electricidad a hogares, edificios comerciales y plantas industriales. Una de las obras más resaltantes del mundo es el estadio olímpico “Nido de Pájaro”, sede de los Juegos Olímpicos de Beijing 2008, que contó con paneles solares que generaban la electricidad necesaria para su iluminación; un claro ejemplo está dado en Alemania, en donde el 40% y 50% de energía que se utiliza para iluminación de sus estadios de fútbol es renovable entre ellas fotovoltaica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Generación Fotovoltaica.

2.1.1. Energía

Cengel (2007) dice que “La energía es parte importante en la mayoría de los aspectos cotidianos de nuestras vidas; un ejemplo es la calidad de vida y su sostenimiento depende de su disponibilidad, de ahí que sea importante tener una buena comprensión de las fuentes energéticas”(p.51).

Para Schaum, B. (1998), define: “La energía es la capacidad que posee un cuerpo para realizar un trabajo. Como la energía de un cuerpo se mide en función del trabajo que éste puede realizar, trabajo y energía se expresan en las mismas unidades” (p.49)

La energía es la capacidad para realizar trabajo o manifestar un cambio en la materia además se puede manifestar que es el motor que tienen todos los cuerpos para realizar una acción o trabajo, la energía es la fuente de producción de cualquier sociedad, además se debe mencionar que la energía puede pasar de un cuerpo a otro fácilmente.

2.1.1.1. Transformación de Energía.

La energía es capaz de transformarse de un tipo de energía en otro muy fácilmente: la una es por medio del calor y la otra por medio del trabajo; en estas transformaciones, la energía total permanece constante; es decir, la energía total es la misma antes y después de cada transformación.

2.1.1.2. Radiación.

La radiación es el intercambio de energía en forma de ondas electromagnéticas entre dos o más cuerpos de diferentes temperaturas, separados por un espacio o medio transparente a dichas ondas. Las superficies oscuras, rugosas y opacas son las mejores receptoras de energía versus las lisas, claras y brillantes.

2.1.1.3. Radiación Solar.

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro, el cual emite energía a una temperatura de unos 6000° K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera, fundamentalmente por el ozono (O₃). La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiación, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza al planeta. Su unidad es el W/m² (vatio por metro cuadrado).

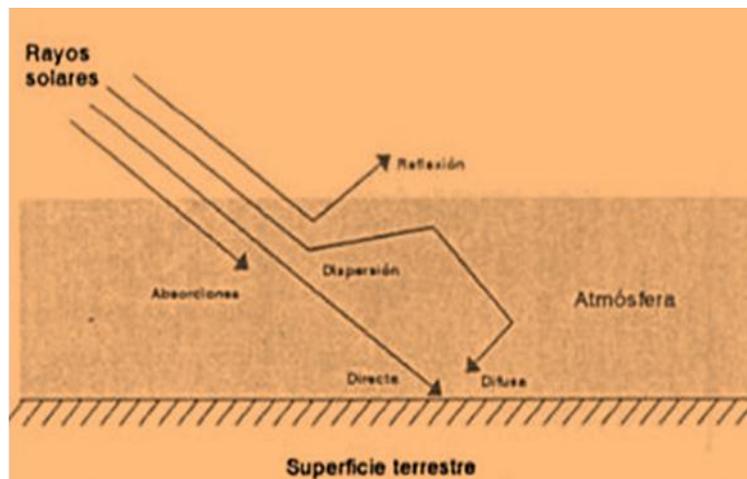


Grafico 2. 1 Interacción de la luz

Fuente: Manuel Pinazo José, "Manual de climatización" 2000. Pág. 424

2.1.1.4. Energías Renovables.

Roldán Vilorio José (2009) se pronuncia: “La energía renovable es aquella que utilizamos y constantemente puede ser renovada, ejemplos como la fuerza del viento, la luz del sol (calor y luz), el agua de los ríos, etc.” (p. 3).

Las energías renovables son las que poseen una doble cualidad, como son la de estar disponibles en forma inagotable y además no producen impacto sobre el medio ambiente en el cual subsistimos. Son conocidas también por el término “energías alternativas”. La característica principal de las energías renovables es sostener una medida ecológica con el cuidado del medio ambiente, y en gran medida es también relativamente menos costosa.

Existen diversos tipos de energías renovables, pero en el actual trabajo solo se analizará la energía solar fotovoltaica.

2.1.1.5. Energía Solar Fotovoltaica.

Para: Javier María Méndez; En su libro Energía Solar Fotovoltaica (pág. 13) “La energía solar fotovoltaica es una energía que emite la radiación solar y es aprovechada para convertirle directamente en electricidad en base a células fotovoltaicas o paneles solares, que actualmente son una gran opción para la generación de electricidad”.

Esta energía no puede ser comparada con otras fuentes de energía debido a que su tecnología se encuentra en fase de desarrollo y con escaso nivel de implementación en la industria. Algo muy importante que tenemos que considerar en el presente trabajo que anualmente, la Tierra recibe 5.4×10^{24} julios (J) de energía solar, lo que representa 4500 veces la energía que se consume en un año el mundo entero. Con lo mencionado anteriormente, se demuestra la oportunidad de aprovechar este recurso con el mayor de los

beneficios, cuidando con esto el medio ambiente; el único problema de este tipo de energía es que es intermitente, es decir se obtiene bajo un periodo de horas y no tiene la misma intensidad en todos los sectores.

2.1.2. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica.

Existen una variedad de aplicaciones con la energía solar fotovoltaica y a continuación nombraremos algunas:

- Electrificación de inmuebles ubicados en el sector rural donde la red de distribución eléctrica no llega.
- Electrificación en el sector rural con aplicaciones agrarias y de telecomunicaciones.
- Alimentación eléctrica a equipos de tele medición meteorológicos.
- Alimentación eléctrica para señalización: señales de tráfico, luces y semáforos, señalización en vías férreas y aeropuertos.
- Electrificación en invernaderos: circulación de agua, iluminación y equipos de climatización.
- Iluminación pública, básicamente se está aplicando en túneles, parques, caminos, paradas de buses y carteles publicitarios.

2.1.3. Generación Solar Fotovoltaica.

García Villas Marianela (2000), considera que “La generación solar fotovoltaica es la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas (celda solar, auto solar), capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin necesariamente pasar por un efecto térmico”. Para lograr esto, la energía solar se recoge de una forma adecuada; el calor se logra mediante los colectores térmicos y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos.

Las “células solares” dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas; pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio. Las células solares están hechas con obleas finas de silicio, arseniuro de galio u otro elemento.

2.1.4. Células Fotovoltaicas.

Ing. Marco Prospero (s.f.) La conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica. (Documento de [www](http://www.cec.eu)). URL <http://www.cec.eu> describe:

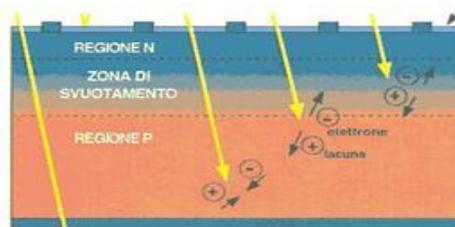


Grafico 2. 2 Célula Fotovoltaica
Fuente: www.cec.eu

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, frecuentemente de silicio.

Generalmente una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y 0,35 mm. y de una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 cm².

Para la realización de las células, el material actualmente más utilizado es el mismo silicio, utilizado por la industria electrónica, cuyo proceso de fabricación presenta costos muy altos, no justificados por el grado de pureza requerido para la fotovoltaica, que son inferiores a los necesarios en electrónica.

Otros materiales usados para la realización de las células solares son:

- Silicio Mono-cristalino: de rendimiento energético hasta 15% – 17%.
- Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12% - 14%.
- Silicio Amorfo: de rendimiento energético menor del 10%.
- Otros materiales: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

Actualmente el material más utilizado es el silicio mono-cristalino que presenta prestaciones y duración en el tiempo, superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin, el cual facilita hoy en día para la instalación en nuestro medio.

2.1.4.1. Paneles Fotovoltaicos.

García Villas Marianela (2000), considera que “El generador o panel fotovoltaico es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica”. (p. 56)

Fernández Barrera Manuel (2002) considera que: “una sola célula no es capaz de proporcionar una tensión que pueda utilizarse en la práctica, solo genera una tensión de algunas décimas de voltio, a este conjunto de células interconectadas, ensambladas y protegidas contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico”. (p. 21)

La característica básica es que sus módulos fotovoltaicos están conectados en paralelo, destinando igual proporción de energía eléctrica según la intensidad de la fuente solar.



Grafico 2. 3 Central Fotovoltaica
Fuente: www.energia3.mecon.gob.ar

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo, que al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando así una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos, se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.

En el año 2008, el principal productor de energía solar fotovoltaica fue Japón, seguido de Alemania, que posee cerca de 5 millones de metros cuadrados de colectores que aportan un 0,03% de su producción energética total. La venta de paneles fotovoltaicos ha crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa.

En la Unión Europea el crecimiento medio anual es del 30% y Alemania tiene el 80% de la potencia instalada de la Unión Europea.

Numerosas empresas e instituciones están trabajando para aumentar la eficiencia de los paneles, principalmente compañías privadas las que realizan la mayor parte de investigación y desarrollo en este aspecto.

2.1.4.2. Tipos de Paneles Fotovoltaicos.

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales y de su forma.

- a) Panel Fotovoltaico de silicio puro mono-cristalino.- Está basado en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para este tipo de paneles, siendo actualmente los más comercializados.



Grafico 2. 4 Panel Solar mono - cristalino
Fuente: www.sitiosolar.com

- b) Panel Fotovoltaico de silicio poli-cristalino.- Los materiales de este panel son semejantes a los del tipo anterior, aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles poli-cristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie, un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los mono-cristalinos (en laboratorio del 19,8% y en los módulos comerciales del 14%), siendo su precio también más bajo que los anteriores.



Grafico 2. 5 Panel Solar Poli - cristalino
Fuente:www.sitiosolar.com

- c)** Panel Fotovoltaico con sistemas de concentración.- Un ejemplo de ellos es el modelo desarrollado por una marca española, el cual mediante una serie de superficies reflectantes, concentra la luz sobre los paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión no varíe, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

Actualmente se investiga en sistemas que concentran la radiación solar por medio de lentes. La concentración de la luz sobre los paneles solares es una de las vías que están desarrollando los fabricantes para lograr aumentar la efectividad de las células fotovoltaicas y bajar costos.

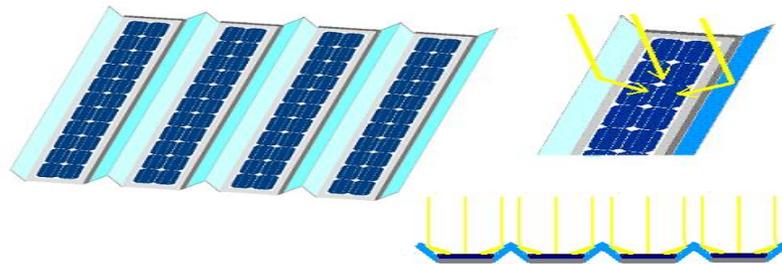


Grafico 2. 6 Panel con sistemas de concentración
Fuente: www.sitiosolar.com

- d)** Panel Fotovoltaico de formato teja o baldosa.- Estos paneles son de pequeño tamaño y están pensados para combinarse en gran número para así cubrir las grandes superficies que ofrecen los tejados de las viviendas. Aptos para cubrir grandes demandas energéticas en los que se necesita una elevada superficie de captación.



Grafico 2. 7 Panel de forma de teja
Fuente: www.sitiosolar.com

2.1.4.3. Partes de un panel fotovoltaico.

Cada fabricante adopta una empaquetadura diferente al construir el panel solar fotovoltaico, sin embargo existen ciertas características comunes a todos ellos, como el uso de una estructura “sándwich”, donde ambos lados de las células quedan mecánicamente protegidos.

- Marco de aluminio
- Junta de silicona
- Vidrio
- Encapsulante
- plástico

2.1.5. Elección de las placas solares

Para la elección de los paneles fotovoltaicos se debe tomar en cuenta la peor condición de radicación solar del lugar, que se da en los días nublados, por lo que se debe analizar la radiación promedio en estos días, por lo tanto los paneles solares fotovoltaicos que se utilizarán para el diseño no deberán ser de potencias mayores a este valor para tener una mayor eficiencia y continuidad del servicio.

Para elección del panel solar Fotovoltaico se tiene en consideración tres puntos básicos:

1. Se busca una relación precio/Wp del panel razonable. Existe una gran diversidad a nivel de potencia máxima (Wp) proporcionada de los

paneles. Se pueden encontrar potencias desde 5 Wp hasta 500Wp. Una placa que suministre poca potencia pico, como por ejemplo 5 Wp, será descartada dado que incrementará notablemente la superficie de terreno a instalar y los costos. Además no pueden ser de potencias mayores a 200 Wp por lo estipulado anteriormente.

2. De la selección de la mejor célula solar, que ofrecen mayor rendimiento en la transformación de radiación solar en energía eléctrica que dependen fundamentalmente de la intensidad de radiación luminosa y de la temperatura.
3. Otro punto a considerar es el porcentaje de la tolerancia sobre la potencia nominal suministrada. Una tolerancia de placa que ofrecen los fabricantes está entre +10%/-5%, como se puede encontrar en el mercado.

2.1.6. Dimensionamiento de los paneles solares

Según el mapa solar del CONELEC afirma que para dimensionar las placas solares tenemos:

1. Número máximo de módulos por ramal.

En un día de invierno, o soleado puede ocurrir que el inversor se averíe, por ejemplo debido a un fallo en la red y que al volverse a encender pueda darse una tensión de circuito abierto alta en el generador fotovoltaico y por ello el inversor no arranque. Para evitar esto, la tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico debe ser siempre menor que la tensión máxima de entrada en el inversor. De lo contrario el inversor además de no funcionar se podría averiar.

De esta forma el número máximo de módulos por ramal conectados en serie se determina como el cociente entre la tensión máxima de entrada del inversor y la tensión a circuito abierto del módulo a su temperatura mínima.

$$Nm_{\max} = \frac{Um_{\max}(inv)}{Uca}$$

Ecuación 2. 1

Dónde:

Nm_{max}: Número máximo de módulos por ramal conectados en serie

Um_{max(inv)}: Tensión máxima de entrada del inversor (V)

Uca: Tensión a circuito abierto del módulo (V)

2. Número mínimo de módulos por ramal.

El número mínimo de módulos por ramal viene limitado por la tensión mínima de entrada del inversor. Cuando la tensión en el punto de máxima potencia (pmp) del generador está por debajo de la tensión de entrada mínima del inversor en la que se actúa como seguidor del PMP, $Upmp(inv)$ el inversor no será capaz de seguir el PMP del generador fotovoltaico e incluso en el peor de los casos que se apague. Por ello se debe dimensionar, de manera que el número mínimo de módulos conectados en serie en un ramal se obtenga como el cociente de la tensión mínima de entrada del inversor en PMP y de la tensión mínima del módulo en el punto de máxima potencia para 1000 w/m^2 .

$$Nm_{\min} = \frac{Upmp(inv)}{Upmp}$$

Ecuación 2. 2

Dónde:

Nm_{min}: Número mínimo de módulos por ramal conectados en serie.

Upmp: Tensión en pmp (V) del panel.

$U_{pmp}(inv)$: Tensión en pmp (V) del inversor.

3. Número de ramales en paralelo

La colocación de paneles en paralelo supone aumentar la corriente.

El número de ramales en paralelo se determina como el cociente entre la potencia pico del generador FV ($P_{pmp, fv}$) y la potencia pico de un ramal ($P_{pmp, ramal}$).

$$N_{ramales} = \frac{P_{pmp, fv}}{P_{pmp, ramal}}$$

Ecuación 2. 3

La potencia pico del generador FV es el cociente entre la potencia de salida del inversor y el producto del rendimiento medio del panel fotovoltaico y el rendimiento del inversor.

$$P_{pmp, fv} = \frac{P_{ca}(inv)}{\eta_{inv} * \eta_p}$$

Ecuación 2. 4

η_p : Rendimiento medio del panel fotovoltaico.

η_{inv} : Rendimiento del inversor.

El punto de máxima potencia del ramal sería el número de paneles por la potencia pico.

$$P_{pmp, ramal} = n * P_{pmp}$$

Ecuación 2. 5

Este número de ramales debe cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo sea menor que

la corriente máxima admisible de entrada al inversor. Matemáticamente se determina mediante la expresión:

$$I_{ramales} * I_{cc,ramal} \leq I_{m\acute{a}x,inv}$$

Ecuación 2. 6

Fuente: Manual para instalaciones solares de la Universidad de Sevilla Edición 2004, SODEAN S.A

2.1.7. Inclinación de los Módulos fotovoltaicos.

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan. La potencia máxima se recibe cuando el panel está perpendicular a la dirección del sol (para recibir un flujo máximo de radiación directa).

Para un panel fijo, la mejor potencia promedio por el año se recibe si el ángulo de inclinación = latitud 10° a 15° , excepto si hay una estación con muy poco sol.

Si se necesita más potencia en una cierta estación, se adapta el ángulo; en ciertos casos, se puede montar el panel de manera ajustable, orientándolo cada mes para mejorar la potencia. En la zona ecuatorial, se necesita mantener un ángulo $> 10^\circ$ para que el polvo no se acumule sobre el panel.

A continuación se presenta la siguiente tabla:

Altitud en Grados	Ángulo de inclinación
0 a 9 grados	15°
10 a 20 grados	$L + 5^\circ$
21 a 45 grados	$L + 10^\circ$
46 a 65 grados	$L + 15^\circ$
66 a 75 grados	80°
L = Latitud	

Tabla 2. 1 Angulo de inclinación
Fuente: www.censolar.com

Si conoce su latitud geográfica, puede sacar el ángulo de inclinación aproximado que necesita.

2.1.8. Instalación de los paneles solares.

Fernández Barrera Manuel (2000) sugiere sobre este aspecto que: “Los paneles se diseñan para formar una estructura modular pudiendo combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener las tensiones e intensidades que necesitamos” (p. 30).

Para una interconexión exitosa es necesario que cada panel sea similar pues cada uno de estos puede formar parte de otra estructura en conjunto, esto servirá de forma que se eviten descomposiciones.

La instalación fotovoltaica se la realiza a la intemperie para la optimización de la radiación emitida por el sol; hoy en día se puede observar cómo esta tradicional instalación se va desarrollando de a poco y actualmente se utiliza los sistemas inteligentes conocidos como seguidores del sol, que apuntan directamente los paneles según sea la posición del sol.



Grafico 2. 8 Instalación de un panel
Fuente: www.meridadigital.com

2.1.9. Reguladores de Carga.

Para: J.C. HENANDEZ, A. MEDINA

“El regulador de carga sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso”. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y la duración de los acumuladores.

Ya que normalmente la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación (y, por consiguiente, a la producción eléctrica de un sistema fotovoltaico) una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser reutilizada cuando el usuario la necesite. Este es la finalidad del sistema de acumulación.

2.1.10. Acumuladores



Grafico 2. 9 Acumulador de energía
Fuente: www.supertiendasolar.es

Un sistema de acumulación está formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de la alimentación de la carga eléctrica. Las baterías que se utilizan con esta finalidad son acumuladores de tipo estacionario y sólo en esos casos muy especiales es posible utilizar baterías tipo automoción.

Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Bajo valor de auto descarga

- ✓ Larga vida útil
- ✓ Manutención casi nula
- ✓ Elevado número de ciclos carga – descarga

2.1.10.1. Baterías para uso con sistemas fotovoltaicos.

Baterías de plomo – ácido de electrolito líquido.

Las baterías de plomo – ácido se aplican ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos. Dentro de la categoría plomo – ácido, las de plomo – antimonio, plomo – selenio y plomo – calcio son las más comunes.

La unidad de construcción básica de una batería es la celda de dos voltios; dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si está cargando, descargando o en circuito abierto.

En general, la tensión de una celda varía entre 1,75 voltios y 2,5 voltios, siendo el promedio alrededor de 2 voltios; tensión que se suele llamar nominal de la celda. Cuando las celdas de dos voltios se conectan en serie (positivo a negativo) las tensiones de las celdas se suman, obteniéndose de esta manera, baterías de 4, 6, 12 voltios, etc. Si las baterías se conectan en paralelo (positivo a positivo y negativo a negativo) las tensiones no cambian, pero se sumarán sus capacidades de corriente. Sólo se debe conectar en paralelo baterías de igual tensión y capacidad.

Se puede hacer una clasificación de las baterías en base a su capacidad de almacenamiento de energía (medido en amperios – hora Ah a la tensión nominal) y a su ciclo de vida (número de veces en que la batería puede ser descargada y cargada a fondo antes de que se agote su vida útil).

La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. La capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas; cuanto mayor es el tiempo de descarga, mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Un tiempo de descarga típico en sistemas fotovoltaicos es 100 horas. Así por ejemplo, una batería que posee una capacidad de 80 Ah en 10 h (capacidad nominal) tendrá 100 Ah de capacidad en 100 h.

Entre las más utilizadas en los sistemas fotovoltaicos encontramos una gran variedad y a continuación las exponemos.

- a) Níquel – Cadmio.
- b) Baterías selladas. (Gelificadas, Electrolito Absorbido).

2.1.11. Inversores.

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

Aspectos importantes que habrán que cumplir los inversores: deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga; estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas; incorporar rearme y desconexión automáticos; admitir demandas instantáneas de

potencia mayores del 150% de su potencia máxima; cumplir con los requisitos que establece el Reglamento de Baja Tensión, Baja distorsión armónica, bajo consumo, aislamiento galvánico, sistema de medidas y monitorización.

En cuanto al inversor, su finalidad en los sistemas aislados es la de transformar corriente continua (CC) producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna (CA), necesaria para la alimentación directa de los usuarios. En este caso, el inversor tiene que estar dimensionado para poder alimentar directamente la carga que se le quiere conectar.

Es evidente que el inversor, en instalaciones (sistemas aislados) no es un componente indispensable; de hecho, es posible incluso alimentar directamente con corriente continua de baja tensión, la carga dependiendo de los requerimientos que tenga cada usuario; en otro de los casos en nuestro país comúnmente se requiere de este inversor por la utilidad de CA que requieren los equipos domésticos.

Dimensionamiento del inversor

Según el atlas solar del Ecuador, para dimensionar el o los inversores a instalarse en un sistema fotovoltaico se podrá utilizar la siguiente expresión.

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{P_{\text{proyecto}}}{P_{ca}(\text{inv})}$$

Ecuación 2. 7

Siendo:

P_{proyecto} : Potencia a inyectar a red en red.

$P_{ca}(\text{inv})$: Potencia de salida del inversor.

La configuración de los inversores para el diseño de una Central Solar Fotovoltaica será la que se observa en el gráfico 2.10

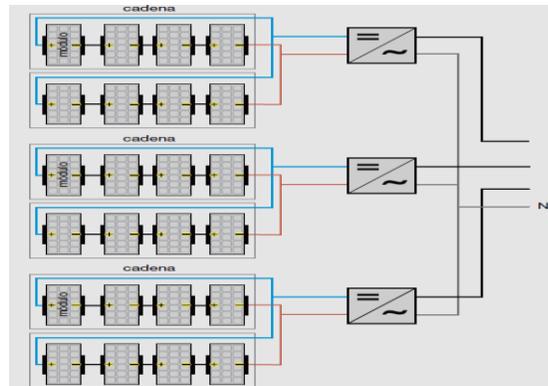


Gráfico2.10: Planta con varios inversores
Fuente: ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N°. 10 Plantas fotovoltaicas.

2.1.12. Cableado

El calibre de los diferentes conductores se debe ceñir a los requerimientos eléctricos de ampacidad, caída de voltaje y seguridad en cada parte del sistema. Los cables internos de los paneles fotovoltaicos que salen desde la caja de conexión, deberán cumplir con al menos una de las normas: Código Eléctrico Ecuatoriano, NEC 2008 / UL Type PV, UL 4703, USE-2, UNE 21123, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502.

Los cables externos deberán ser aptos para operar a la intemperie según el Código Eléctrico Ecuatoriano, o la norma internacional IEC 60811.

Los cables exteriores de la instalación fotovoltaica deben ser especificados para uso en presencia de humedad, temperatura 90°C, doble aislamiento multifilares y resistentes a los rayos ultravioleta, tipo XHHN, SUPERFLEX, o similar.

El calibre o sección del conductor debe tomar en cuenta tanto la ampacidad como la caída de tensión y viene dada por la fórmula siguiente para conductores de cobre.

En corriente continua:
$$S = \frac{2 * L * I * 0.0178}{\Delta V\%}$$

En corriente alterna – líneas trifásicas
$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * 0.0178 * \cos\phi}{\Delta V\%}$$

Ecuación 2. 8

Siendo:

L: La longitud del conductor (m).

I: La intensidad del conductor (A).

$\Delta V\%$: Caída de tensión en línea máxima admisible en tanto por ciento.

$\cos\phi$: Ángulo de desfase entre la tensión e intensidad o factor de potencia.

mm2	0,83	1,30	2,08	3,31	5,26	8,37	13,30	21,15	33,62	53,52	67,43	85,00	107,21
AWG	18	16	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0
Amp	10	13	18	25	30	40	55	70	95	125	145	165	195

Ampacidad del conductor en AWG y mm2.

Fuente: NEC.

2.1.13. Protecciones.

La protección eléctrica se define como el conjunto de equipos necesarios para la detección y eliminación de incidentes en los sistemas o instalaciones eléctricos brindando seguridad a los equipos y a los operadores de una central.

Tipos de protecciones que pueden emplearse en cualquier tipo de instalación eléctrica para hacerla completamente segura se debe considerar lo siguiente.

- Protección de los elementos contra sobrecorrientes.
- Protecciones contra sobretensiones.

Para llevar a cabo estas dos condiciones podemos utilizar algunos equipos entre los más sobresalientes tenemos:

Fusibles.-Los fusibles consisten en un hilo metálico o cable que se quemará cuando la corriente que pase a través del fusible, exceda un máximo predeterminado que abre el circuito para evitar que los cables se dañen. Los fusibles deben elegirse de modo tal que la máxima corriente de operación esté en el rango del 50 al 80% de la capacidad nominal del fusible.

Interruptores diferenciales o disyuntor.- Los interruptores diferenciales, también llamados disyuntores, a diferencia de los fusibles, no necesitan ser reemplazados. Cuando la corriente excede el amperaje permitido por el diferencial, el circuito se abre y se detiene el flujo de corriente.

Seccionador.- Es un dispositivo capaz de interrumpir el flujo de corriente cuando se produce una sobrecorriente, por lo general va conectado en serie con un interruptor, este proporciona una apertura visible, una condición segura para el trabajo cuando se va realizar un mantenimiento.

Pararrayos.- Dispositivo eléctrico de protección, constituido por una serie de elementos no lineales que limitan la amplitud de sobre voltajes ocurridos por descargas atmosféricas.

La puesta a tierra.- En una instalación eléctrica es muy importante ya que delimita la tensión que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos.

Tomas a tierra se establecen principalmente a fin de limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la

actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

2.1.14. Tipos de Sistemas de Generación Fotovoltaica.

Sistema directamente conectado a una carga.

Es el sistema más simple en el cual, el generador fotovoltaico se conecta directamente a la carga, normalmente un motor de corriente continua. Se utiliza fundamentalmente en bombeo de agua; al no existir baterías ni componentes electrónicos, aumenta la confiabilidad pero resulta difícil mantener un rendimiento eficiente a lo largo del día.

Sistema módulo batería.

Se puede utilizar un módulo fotovoltaico para reponer simplemente el auto -descarga de una batería que se utilice para el arranque de un motor, por ejemplo. Para ello pueden utilizarse los módulos de silicio amorfo o mono cristalino. Otra importante aplicación en la que el sistema fotovoltaico se conecta en forma directa a la batería es en sistemas de electrificación rural de pequeña potencia. En estos casos se utilizan generalmente uno o dos módulos de silicio mono cristalino de 30 celdas cada uno, conectados en paralelo para lograr la potencia deseada.

Sistema Fotovoltaico, batería y regulador.

Es la configuración utilizada con módulos de 33 ó 36 celdas, en la cual se conecta el generador fotovoltaico a una batería a través de un regulador para que ésta no se sobrecargue. Las baterías alimentan cargas en corriente continua.

Sistema fotovoltaico con carga mixta.

Un sistema fotovoltaico con carga mixta es aquel que tiene cargas de corriente continua y corriente alterna. La introducción de cargas de corriente alterna en un sistema fotovoltaico para uso doméstico ocurre, en general, por la inexistencia de un modelo adecuado para corriente continua del aparato requerido por el usuario. Como los modelos ofrecidos son usados en su mayoría, en vehículos de recreación, el voltaje de trabajo típico es de 12V. Si el voltaje nominal del sistema es mayor que 12V, muchos de ellos no podrán ser usados o se necesitará una línea separada de 12V. Otro factor que determina el uso de aparatos domésticos para a corriente alterna es la inexistencia de versiones de corriente continua de bajo voltaje de aparatos domésticos que han alcanzado un alto grado de aceptación por parte del consumidor. Este grupo comprende lavadoras y secadoras de ropa, las máquinas de coser y las aspiradoras de pisos, como ejemplos.

Cuando se necesite energía en corriente alterna, se deberá incluir un inversor; la potencia generada en el sistema fotovoltaico podrá ser transformada íntegramente en corriente alterna o podrán alimentarse simultáneamente cargas de corriente continua (CC) y de corriente alterna (CA).

La conversión de CC a CA se realiza con una eficiencia que oscila entre el 75% y el 91%. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25% y el 9% de la potencia suministrada a la entrada; los valores porcentuales más elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia, esto se debe a que el consumo del circuito del inversor, no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar.

Sistema Híbrido.

Un sistema fotovoltaico híbrido es aquel que utiliza otras fuentes de energía (renovables o no) para completar la acción generadora de los paneles

fotovoltaicos. La composición híbrida del sistema de generación define a este sistema.

Sistema fotovoltaico acoplado a la red.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto de inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilovatios pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales de varios megavatios picos (MWp). Un inversor de corriente directa a corriente alterna especialmente diseñado para esta aplicación.

2.1.15. Ventajas de la generación fotovoltaica.

La energía fotovoltaica nos brinda numerosas ventajas, entre ellas, los paneles fotovoltaicos son limpios, silenciosos y no dañan el medio ambiente; aunque es verdad que instalar un panel de este estilo, requiere una obra, su construcción es bastante rápida y a su vez requiere de un mantenimiento mínimo, brindándonos a cambio, un largo periodo de vida útil. Por último, como ventaja principal, es el único sistema que puede ofrecernos un suministro de energía continuo ya que podemos utilizarlo haya sol o no.

Otras de las ventajas son:

- Diversificación en las fuentes de energía, tecnologías e infraestructuras para la producción de calor, combustibles y electricidad.
- Mejora del acceso a fuentes de energía limpias.
- Ahorro en el uso de combustibles fósiles, salvaguardándolos para otras aplicaciones y para su uso en el futuro.
- Incremento en la flexibilidad de los sistemas de producción de electricidad frente a los cambios en la demanda.

- Creación de puestos de trabajo.
- Se adaptan bien a las aplicaciones aisladas o autónomas y, por lo tanto, son adecuadas para las áreas rurales remotas.

2.1.16. Desventajas de la generación Fotovoltaica.

Los principales problemas de este tipo de energía son: su elevado costo en comparación con otros métodos, la necesidad de extensiones grandes de territorio que se sustraen de otros usos, la competencia del principal material con el que se construyen con otros usos (el silicio es el principal componente de los circuitos integrados), o su dependencia de las condiciones climatológicas.

Además puede afectar los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles, tiene un impacto visual negativo por la cantidad de paneles necesarios para generar cierta cantidad de potencia y existe una insuficiente financiación para la investigación más profunda de estos sistemas.

2.2. Marco Legal.

La Constitución Política de la República del Ecuador, siendo la modalidad reguladora más importante del país nos manifiesta en su artículo 14 que:

“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El proyecto, esta amparado en los estatutos del estado Ecuatoriano y que se ve comprometido con sus disposiciones partiendo desde la constitución quien es la matriz de las leyes que rigen actualmente al nuestro país. Encontrando aquí que el Ecuador está comprometido con el buen vivir de sus habitantes y además con la preservación del medio ambiente esto nos da la vialidad de encontrar nuevas tendencias innovadoras de generación eléctrica para cubrir las zonas donde las empresas comercializadoras aun no pueden llegar con el servicio eléctrico debido a las distancias y costo que esto implica.

2.2.1. Disposiciones fundamentales.

En el Capítulo I; de la ley del régimen eléctrico, ART. 1.- Deber del Estado nos dice que: El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por lo tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación.

Por otra parte el CONELEC en la regulación 004/11, pone a consideración que, el artículo 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que el Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas;

Que, la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles;

Citando lo más importante que contrarrestara la justificación legal del tema de investigación, lo cual ha contribuido para realizar el costo beneficio del

mismo, encontrando una tarifa de remuneración a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica, por kWh, son aquellos indicados en la Tabla No. 2.2

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR DE GALÁPAGOS
EÓLICAS	9.13	10.04
FOTOVOLTAICAS	40.03	44.03
SOLAR TERMOELÉCTRICA	31.02	34.12
CORRIENTES MARINAS	44.77	49.25
BIOMASA Y BIOGÁS < 5 MW	11.05	12.16
BIOMASA y BIOGÁS > 5 MW	9.60	10.56
GEOTÉRMICAS	13.21	14.53

Tabla 2. 2 Precios preferentes Energía Renovable (ctvs. Usd/KWh)
Fuente: www.conelec.gob.ec

Certifico que esta Resolución fue aprobada por el Directorio del CONELEC, en sesión de 12 de enero de 2012.

2.3. Impacto ambiental.

Según, Jácome W. (2005) comenta que los impactos son posibles consecuencias que pueden presentarse cuando se implante el proyecto por lo tanto es importante analizar su efecto cualificando y cuantificando, porque permite establecer las posibles bondades o los posibles defectos que tiene el proyecto.

Si dado el caso cuantificamos el comportamiento de contaminación entre las bondades que se estima dentro de un sistema de generación eléctrico fotovoltaico en comparación a una de tipo convencional que utilice residuos fósiles como materia prima de generación tenemos que, 1KWh corresponde a 0.311 Kg de CO₂.

2.4. Glosario de Términos.

Azimut: Es el ángulo en grados, medido hacia el este desde el norte o hacia el oeste desde el sur, de la proyección de un cuerpo celeste sobre el horizonte. El azimut se mide desde el punto cardinal norte en sentido horario de 0° a 360° y se llama Azimut verdadero (Azv) o real.

Celda solar o fotovoltaica: Elemento que transforma la luz solar (fotones) en electricidad.

Conexión en paralelo: Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece constante.

Conexión en serie: Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta a un borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.

Conductor eléctrico.- Se dice que un cuerpo es conductor cuando puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad, transmite ésta a todos los puntos de su superficie.

Constante solar: Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1m^2 por segundo, cuando esta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1.36 KW/m^2

Consumo eléctrico: Numero de vatios hora (Wh) o kilovatios hora (KWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y el tiempo que esté funcionando.

Corriente eléctrica.- Es el flujo ordenado de electrones, cantidad de cargas que circulan por un conductor en una cantidad de tiempo; las cargas no son únicamente negativas sino que pueden ser positivas como en el caso de los

líquidos, lo importante es que se muevan en un solo sentido. Se mide en amperios (A).

Energía.- Es la capacidad de realizar un trabajo. La energía eléctrica consumida será la cantidad de potencia consumida en un determinado periodo de tiempo, el trabajo realizado se mide en kilovatios hora (kWh).

Energía pico: Electricidad abastecida cuando la demanda está en su nivel más alto.

Intensidad eléctrica: Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor es un segundo de tiempo. Se mide en Amperios (A).

Kilovatio hora: La potencia de mil vatios aplicados durante una hora (o una potencia equivalente), 1KWh es una unidad de energía – 1KWh=3600 Joules.

Megavatio: Un millón de vatios (1MW = 1 000 000 W).

Módulo o panel solar fotovoltaico: Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

Potencia.- Es la energía suministrada en la unidad de tiempo. La potencia mide la rapidez con que se realiza ese trabajo.

Potencial energético: Cantidad total de energía presente en la naturaleza, independiente de cual sea la fuente energética, posible de ser aprovechada mediante el uso de tecnología.

Ramal: Conjunto de Paneles Fotovoltaicos conectados entre sí.

Tensión.- Es el desnivel eléctrico que existe entre dos puntos determinados de un circuito.

Voltaje de circuito abierto: Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

Voltaje de máxima potencia: Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

Vatio pico: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el modulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000W/ m², 25°C y 1,5 de masa de aire).

C.C.- Corriente continua.

C.A.- Corriente alterna.

G.E.F. Generadora eléctrica fotovoltaica.

I_{cc}, ramal: corriente de cortocircuito del ramal.

PUCE SI.- Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

P_{pmp}, fv: Potencia pico del generador fotovoltaico.

P_m.- Punto de máxima potencia.

P_{proy}: Potencia del proyecto

P_{ca} (inv): Potencia de cada inversor.

UTN.- Universidad Técnica del Norte.

U_{ca}: Voltaje de circuito abierto del panel solar.

U_{max} (inv): Voltaje de entrada máximo del inversor en corriente continua.

U_{pmp} (inv): Voltaje de entrada mínimo del inversor en corriente continua.

U_{pmp}: Tensión nominal del módulo fotovoltaico.

W_p.- Watio pico del módulo fotovoltaico.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Tipo de Investigación.

La investigación está determinada por la averiguación de datos o la búsqueda de soluciones para ciertos inconvenientes. Se destaca que una investigación, en especial en el plano científico, es un proceso sistemático (se obtiene información a partir de un plan preestablecido que, una vez asimilada y examinada, modificará o añadirá conocimientos a los ya existentes), organizado (es necesario especificar los detalles vinculados al estudio) y objetivo (sus conclusiones no se amparan en un parecer subjetivo, sino en episodios que previamente han sido observados y evaluados).

Cabe mencionar que toda investigación se generaliza de acuerdo a los objetivos que se plantean en el trabajo de investigación, es por esto que se utilizó la investigación bibliográfica o documental y la investigación de campo para sustentar el proyecto.

3.1.1. Investigación bibliográfica y documental.

Esta investigación consiste en el análisis teórico y conceptual hasta el paso final de la elaboración de un informe o propuesta sobre el material registrado, ya se trate de obras, investigaciones anteriores, material inédito, hemerográfico, documentos legales e inclusive material filmado o grabado. Las fuentes de conocimiento, de análisis e interpretación serán fundamentalmente “cosas” y no “personas”. Secuencia lógica de actividades conducentes a la obtención de información necesaria para generar más conocimiento a partir del uso apropiado y creativo de dicha información, utiliza técnicas documentales, bibliográficas. Además posee manejo de

habilidades de información: conocimientos de fuentes, recursos, servicios y productos de información del área de interés.

La investigación bibliográfica ayudó a respaldar el proyecto desde el punto de vista teórico y técnico, ya que se realizó diversas consultas en libros, revistas, manuales, catálogos, folletos y páginas de Internet; los cuales ayudaron a tener una idea más clara y precisa sobre el campo de energías renovables y los beneficios que surgen al implementar sistemas de generación eléctrica de este tipo.

3.1.2. Investigación de campo.

La investigación de campo es entendida como el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas, y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Otra característica de la investigación de campo es que los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad.

La investigación de campo es la que se realiza en el lugar de los hechos, esta investigación se la utiliza para verificar cada una de las necesidades existentes y así brindar una pronta solución.

Para avalar el proyecto, se realizó la adquisición de datos reales de consumo de energía eléctrica en la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología; además se realizó mediciones de radiación solar en la ciudad de Ibarra. Dichos datos ayudaron a establecer y definir cómo se encuentra el consumo eléctrico y además se logró determinar la factibilidad del proyecto debido que en la ciudad, se registran valores de radiación solar óptimos.

3.2. Métodos.

3.2.1. Método Inductivo Deductivo.

Este método menciona verdades y hechos comprobados, con este proceso de conocimiento que se inicia con la observación de fenómenos generales, con el propósito de señalar las verdaderas particularidades contenidas en la situación general; el proyecto se enfocó en determinar los beneficios que se tiene al implementar sistemas de generación solar. El método antes mencionado va de lo general a lo particular y algo que tenemos que tomar muy en cuenta es que este método se basa en datos teóricos y reales, mas no en datos empíricos.

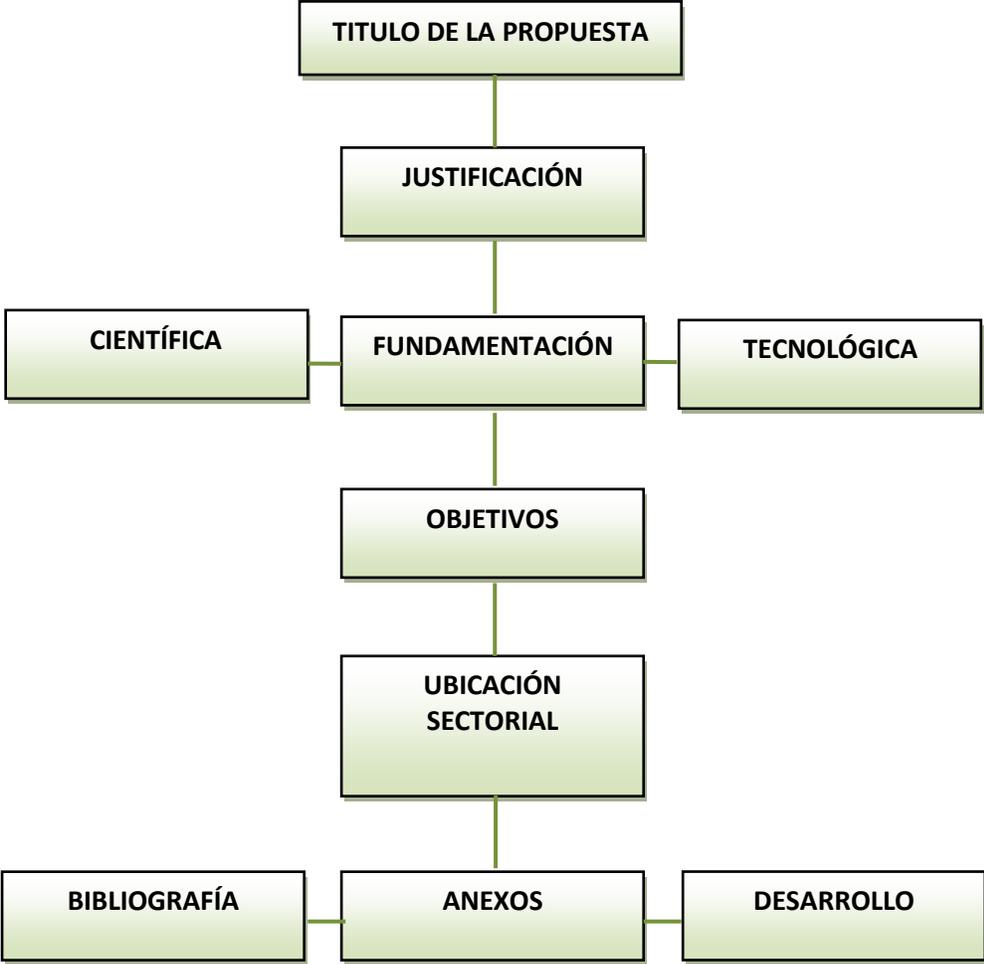
3.2.2. Método Analítico Sintético.

El método analítico sintético consiste en la separación de un todo en sus partes, para observar su naturaleza u origen; este método permitió investigar de una forma individual cada uno de los elementos del sistema de generación eléctrica fotovoltaica, y así tener una relación total para poder sacar conclusiones detalladas de este hecho.

3.3. Técnicas e Instrumentos.

Existen diversas técnicas e instrumentos de investigación, pero en este proyecto se utilizó la técnica de observación, la cual consiste en observar fenómenos, situaciones, hechos, casos, acciones y objetos con el fin de obtener información explícita para la investigación.

3.4. Esquema de la propuesta.



CAPÍTULO IV

4. Análisis de datos.

4.1. Análisis e Interpretación de resultados.

Los datos conseguidos para la elaboración del estudio, se los fue encaminando según las necesidades que se presentaron en el problema de cómo encontrarlos, cómo analizarlos y proponerlos en la solución del mismo; aquellos inconvenientes encontrados se los resolvió con criterio de ingeniería, optando por entrarnos en la realidad de cómo se encontraba el territorio, dónde se lo podía satisfacer y las distintas necesidades de la misma, pudiendo establecer los análisis de acuerdo a lo establecido en los objetivos que se plantearon en el Capítulo I

El análisis realizado para la elaboración del presente trabajo fue diverso, así como primer paso el conocer varios puntos de vista, los cuales encaminen a la solución del problema; se tomó en cuenta los datos recopilados a través de las mediciones del consumo eléctrico de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte, mediante el analizador trifásico Fluke 1744, que proporcionó la empresa eléctrica EMELNORTE, para la adquisición de datos de consumo y demanda máxima de potencia, para posteriormente ser analizados cuidadosamente y forjar una clara idea de elección del sistema a utilizarse para la implementación del demostrativo que se usó en el taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Además se procedió a la recopilación y toma de datos correspondientes a niveles de radiación existentes en nuestro campo de estudio y zona geográfica, gracias al apoyo de las estaciones meteorológicas de las instituciones, UTN, INAMHI, CONELEC y PUCE – SI de la ciudad de Ibarra,

este tipo de información se la procesó para utilizar en la definición de qué tipo de células fotovoltaicas (paneles solares) son las mejores adaptadas para un óptimo rendimiento de generación eléctrica en nuestro medio geográfico.

4.2. Comercialización de sistema fotovoltaico en el Ecuador.

El proyecto estudia la introducción para la generación de electricidad a través de medios solares.

El aspecto contable, técnico y financiero merecerá especial consideración para llegar al mayor éxito posible del proyecto. Se espera que la información consignada en este estudio de factibilidad sirva de referencia y base para la creación y gestión de cualquier proyecto cuyos propósitos contribuyan al progreso del país y a la satisfacción de las necesidades básicas de la familia y de sus gestores.

Dentro de una economía globalizada, la competitividad de un país es uno de los parámetros más importantes que debemos tratar de mejorar. Esta puede realizarse a través de la reducción de los costos y consumos energéticos, lo cual permitirá prolongar la duración de nuestras reservas energéticas y preservar el ambiente.

Se ha considerado necesario que la ciudadanía en general cuente con una alternativa en momentos de escasez. El proyecto que se presenta cumple con este fin: informa, provee y satisface la demanda; unifica conceptos entre demanda y oferta y sugiere técnicas de uso eficientes de energía.

La presente investigación tiene alcance de carácter nacional, propone a los ciudadanos una tecnología de abastecimiento por medios limpios y renovables y busca satisfacer las necesidades de energía del país.

Se considera que el proyecto descrito ha demostrado una posibilidad real de lograr en forma sostenible una opción técnica y limpia de generación eléctrica fotovoltaica, razón por la cual el Gobierno local, nacional debe especialmente considerarlo como una alternativa en planes de vivienda y desarrollo.

En nuestro país existen muchas empresas que su principal objetivo es promover de la mejor tecnología en paneles solares, así como también tenemos varios sistemas representativos instalados alrededor de nuestro país. En las empresas de mayor renombre a nivel nacional nos presentan una variedad de Sistemas Fotovoltaicos, en cuanto a marcas, modelos tipos potencia, etc.

Entre las empresas más representativas de nuestro país tenemos.

Empresa	Lugar	Mayoristas en marcas de paneles fotovoltaicos
AV Renewable Energy S.A.	Guayaquil-Ecuador	SOLARWORLD y AVRESA
Proviento	Quito-Ecuador	EXMORK
RENOVAENERGIA S.A.	Quito-Ecuador	grupo español ZYTECH
Iseyco C.A.	Quito-Ecuador	ERDM Solar
Code Solar	Quito-Ecuador	Schott

Tabla4. 1: Proveedores a nivel nacional (Paneles)
Fuente los autores

Los paneles solares mono cristalinos son los más utilizados por su eficiencia, costo ya que su materia prima es encontrada a nivel mundial, y la adaptación a nuestro ecosistema es ideal ya que la mayoría del tiempo estamos expuestos a una radiación solar directa.

Para el estudio se utilizó la marca Schott por las características técnicas y eficiencia optima de adaptación en nuestro entorno, además de tener la ventaja de encontrarlos en variedad en el mercado local.

4.3. Mediciones de la demanda eléctrica de la (FECYT).

Análisis de la energía eléctrica consumida en la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte, realizado en el mes de Octubre del año 2011. Los datos son realizados mediante la utilización de un analizador de redes trifásico Fluke 1744, facilitado por parte de la empresa eléctrica EMELNORTE.

4.3.1. Demanda energética de la FECYT día 1.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
14/10/2011	14:30:00	10,932188
14/10/2011	14:40:00	11,153693
14/10/2011	14:50:00	10,634233
14/10/2011	15:00:00	10,789091
14/10/2011	15:10:00	11,04
14/10/2011	15:20:00	10,538182
14/10/2011	15:30:00	11,079205
14/10/2011	15:40:00	13,474602
14/10/2011	15:50:00	15,046705
14/10/2011	16:00:00	15,18392
14/10/2011	16:10:00	16,011136
14/10/2011	16:20:00	17,300966
14/10/2011	16:30:00	19,631676
14/10/2011	16:40:00	21,758523
14/10/2011	16:50:00	21,495852
14/10/2011	17:00:00	22,956222
14/10/2011	17:10:00	23,983381
14/10/2011	17:20:00	26,294489

14/10/2011	17:30:00	26,608125
14/10/2011	17:40:00	27,196193
14/10/2011	17:50:00	27,011932
14/10/2011	18:00:00	27,205994
14/10/2011	18:10:00	27,302045
14/10/2011	18:20:00	27,935199
14/10/2011	18:30:00	28,760455
14/10/2011	18:40:00	30,410966
14/10/2011	18:50:00	28,852585
14/10/2011	19:00:00	26,251364
14/10/2011	19:10:00	24,428352
14/10/2011	19:20:00	25,226165
14/10/2011	19:30:00	24,526364
14/10/2011	19:40:00	24,734148
14/10/2011	19:50:00	22,699432
14/10/2011	20:00:00	20,87054
14/10/2011	20:10:00	18,412415
14/10/2011	20:20:00	15,411307
14/10/2011	20:30:00	12,351392
14/10/2011	20:40:00	11,73392

14/10/2011	20:50:00	10,363722
14/10/2011	21:00:00	9,495341
14/10/2011	21:10:00	6,529517
14/10/2011	21:20:00	5,6925
14/10/2011	21:30:00	5,594489
14/10/2011	21:40:00	5,600369
14/10/2011	21:50:00	5,984574
14/10/2011	22:00:00	5,821875
14/10/2011	22:10:00	5,633693
14/10/2011	22:20:00	5,659176
14/10/2011	22:30:00	5,851278
14/10/2011	22:40:00	6,335455
14/10/2011	22:50:00	6,106108
14/10/2011	23:00:00	6,184517
14/10/2011	23:10:00	6,03946
14/10/2011	23:20:00	5,994375
14/10/2011	23:30:00	5,857159
14/10/2011	23:40:00	5,886563
14/10/2011	23:50:00	5,876761

Tabla4. 2: Demanda día1

Fuente los autores

Aquí se da inicio al análisis de consumo eléctrico total de la Facultad, en el cual podemos observar parte del comportamiento de consumo que se registra; el valor demanda fue de 30,41 Kw a las 18:40 horas, teniendo en cuenta que en esta hora, los equipos y luminarias están funcionando a su mayor potencia, el pico de consumo registrado en este día.

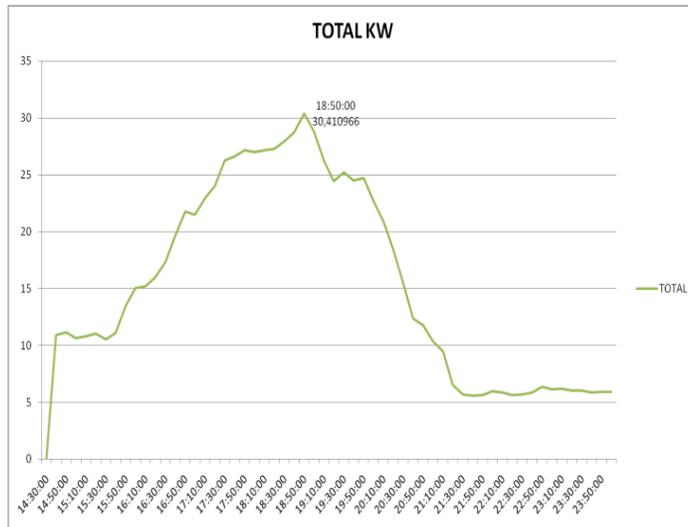


Gráfico 4. 1: Demanda energética día 1
Fuente: Los Autores

Observando la curva que se tiene desde las 14:30 horas, se observa un crecimiento de consumo notable en comparación a la mañana. Aquí se debe tener en cuenta que este gráfico se complementa con los registros tomados en el día 21, en horario de la mañana y así se completa la semana de análisis.

4.3.2. Demanda energética de la FECYT día 2.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
15/10/2011	0:10:00	6,008097
15/10/2011	0:20:00	5,51804
15/10/2011	0:30:00	5,619972
15/10/2011	0:40:00	5,908125
15/10/2011	0:50:00	6,243324
15/10/2011	1:00:00	5,976733
15/10/2011	1:10:00	5,451392
15/10/2011	1:20:00	5,490597
15/10/2011	1:30:00	5,710142
15/10/2011	1:40:00	5,739545
15/10/2011	1:50:00	5,649375

15/10/2011	2:00:00	5,745426
15/10/2011	2:10:00	5,919886
15/10/2011	2:20:00	5,900284
15/10/2011	2:30:00	6,115909
15/10/2011	2:40:00	6,043381
15/10/2011	2:50:00	5,900284
15/10/2011	3:00:00	6,027699
15/10/2011	3:10:00	6,023778
15/10/2011	3:20:00	5,627813
15/10/2011	3:30:00	5,527841
15/10/2011	3:40:00	5,621932
15/10/2011	3:50:00	5,784631
15/10/2011	4:00:00	5,741506

15/10/2011	4:10:00	5,847358
15/10/2011	4:20:00	6,015937
15/10/2011	4:30:00	6,102188
15/10/2011	4:40:00	6,108068
15/10/2011	4:50:00	5,670938
15/10/2011	5:00:00	5,698381
15/10/2011	5:10:00	5,95321
15/10/2011	5:20:00	5,998295
15/10/2011	5:30:00	5,743466
15/10/2011	5:40:00	5,910085
15/10/2011	5:50:00	6,143352
15/10/2011	6:00:00	5,859119
15/10/2011	6:10:00	3,499006

15/10/2011	6:20:00	2,93446
15/10/2011	6:30:00	2,893295
15/10/2011	6:40:00	2,648267
15/10/2011	6:50:00	3,379432
15/10/2011	7:00:00	4,435994
15/10/2011	7:10:00	6,653011
15/10/2011	7:20:00	9,334602
15/10/2011	7:30:00	12,604261
15/10/2011	7:40:00	13,394233
15/10/2011	7:50:00	14,094034
15/10/2011	8:00:00	13,860767
15/10/2011	8:10:00	15,107472
15/10/2011	8:20:00	18,104659
15/10/2011	8:30:00	21,176335
15/10/2011	8:40:00	21,47429
15/10/2011	8:50:00	20,52554
15/10/2011	9:00:00	20,462813
15/10/2011	9:10:00	20,327557
15/10/2011	9:20:00	22,193693
15/10/2011	9:30:00	23,001307
15/10/2011	9:40:00	22,087841
15/10/2011	9:50:00	22,558295
15/10/2011	10:00:00	21,546818
15/10/2011	10:10:00	21,282188
15/10/2011	10:20:00	20,378523
15/10/2011	10:30:00	20,26875
15/10/2011	10:40:00	20,158977
15/10/2011	10:50:00	19,284716
15/10/2011	11:00:00	19,761051
15/10/2011	11:10:00	18,469261
15/10/2011	11:20:00	17,910597
15/10/2011	11:30:00	17,524432
15/10/2011	11:40:00	17,969403
15/10/2011	11:50:00	18,573153
15/10/2011	12:00:00	18,590795
15/10/2011	12:10:00	18,726051
15/10/2011	12:20:00	19,008324

15/10/2011	12:30:00	18,612358
15/10/2011	12:40:00	18,36733
15/10/2011	12:50:00	18,608438
15/10/2011	13:00:00	18,949517
15/10/2011	13:10:00	19,139659
15/10/2011	13:20:00	17,540114
15/10/2011	13:30:00	17,181392
15/10/2011	13:40:00	17,114744
15/10/2011	13:50:00	17,146108
15/10/2011	14:00:00	16,632528
15/10/2011	14:10:00	16,791307
15/10/2011	14:20:00	16,979489
15/10/2011	14:30:00	17,440142
15/10/2011	14:40:00	17,057898
15/10/2011	14:50:00	17,048097
15/10/2011	15:00:00	16,810909
15/10/2011	15:10:00	15,483835
15/10/2011	15:20:00	11,714318
15/10/2011	15:30:00	8,730852
15/10/2011	15:40:00	6,794148
15/10/2011	15:50:00	5,314176
15/10/2011	16:00:00	4,91233
15/10/2011	16:10:00	4,492841
15/10/2011	16:20:00	3,87733
15/10/2011	16:30:00	3,614659
15/10/2011	16:40:00	3,420597
15/10/2011	16:50:00	3,399034
15/10/2011	17:00:00	4,096875
15/10/2011	17:10:00	4,108636
15/10/2011	17:20:00	4,040028
15/10/2011	17:30:00	3,70875
15/10/2011	17:40:00	3,861648
15/10/2011	17:50:00	3,802841
15/10/2011	18:00:00	3,945938
15/10/2011	18:10:00	6,478551
15/10/2011	18:20:00	6,437386
15/10/2011	18:30:00	6,225682

15/10/2011	18:40:00	6,288409
15/10/2011	18:50:00	6,419744
15/10/2011	19:00:00	6,374659
15/10/2011	19:10:00	5,937528
15/10/2011	19:20:00	5,812074
15/10/2011	19:30:00	5,714063
15/10/2011	19:40:00	6,159034
15/10/2011	19:50:00	5,935568
15/10/2011	20:00:00	5,745426
15/10/2011	20:10:00	6,325653
15/10/2011	20:20:00	6,621648
15/10/2011	20:30:00	6,596165
15/10/2011	20:40:00	6,235483
15/10/2011	20:50:00	6,080625
15/10/2011	21:00:00	6,21196
15/10/2011	21:10:00	5,855199
15/10/2011	21:20:00	6,0375
15/10/2011	21:30:00	6,366818
15/10/2011	21:40:00	6,178636
15/10/2011	21:50:00	6,423665
15/10/2011	22:00:00	6,398182
15/10/2011	22:10:00	6,739261
15/10/2011	22:20:00	6,456989
15/10/2011	22:30:00	6,074744
15/10/2011	22:40:00	6,231563
15/10/2011	22:50:00	6,598125
15/10/2011	23:00:00	6,562841
15/10/2011	23:10:00	6,504034
15/10/2011	23:20:00	6,592244
15/10/2011	23:30:00	7,16267
15/10/2011	23:40:00	6,996051
15/10/2011	23:50:00	6,63733

Tabla4. 3: Demanda día 2
Fuente los autores



Gráfico 4. 2: Demanda energética día 2
Fuente: Los autores

Este día corresponde al sábado; es donde se desarrollan las carreras de estudio semi – presencial que oferta la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología; normalmente su horario laboral empieza a las 07:00 hasta las 15:00. El sábado 21 de octubre del 2011 observamos en los datos y el gráfico, que el pico de la demanda se encuentra en la mañana a las 09:30 horas con 23,001 Kw, a medida que avanza el horario de labores, hasta terminar la jornada de trabajo.

4.3.3. Demanda energética de la FECYT día 3.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
16/10/2011	0:00:00	6,658892
16/10/2011	0:10:00	6,537358
16/10/2011	0:20:00	6,400142
16/10/2011	0:30:00	6,568722
16/10/2011	0:40:00	6,741222
16/10/2011	0:50:00	6,81767
16/10/2011	1:00:00	6,72946
16/10/2011	1:10:00	6,772585
16/10/2011	1:20:00	6,841193
16/10/2011	1:30:00	6,81767
16/10/2011	1:40:00	6,521676

16/10/2011	1:50:00	6,3825
16/10/2011	2:00:00	6,46483
16/10/2011	2:10:00	6,772585
16/10/2011	2:20:00	7,227358
16/10/2011	2:30:00	6,937244
16/10/2011	2:40:00	6,882358
16/10/2011	2:50:00	6,713778
16/10/2011	3:00:00	6,882358
16/10/2011	3:10:00	6,709858
16/10/2011	3:20:00	6,480511
16/10/2011	3:30:00	6,676534
16/10/2011	3:40:00	6,721619
16/10/2011	3:50:00	6,878438

16/10/2011	4:00:00	7,146989
16/10/2011	4:10:00	7,121506
16/10/2011	4:20:00	6,658892
16/10/2011	4:30:00	6,439347
16/10/2011	4:40:00	6,719659
16/10/2011	4:50:00	6,923523
16/10/2011	5:00:00	6,411903
16/10/2011	5:10:00	6,451108
16/10/2011	5:20:00	6,790227
16/10/2011	5:30:00	7,537074
16/10/2011	5:40:00	6,911761
16/10/2011	5:50:00	6,531477
16/10/2011	6:00:00	6,674574

16/10/2011	6:10:00	5,470994
16/10/2011	6:20:00	3,038352
16/10/2011	6:30:00	2,401278
16/10/2011	6:40:00	2,656108
16/10/2011	6:50:00	2,75804
16/10/2011	7:00:00	3,105
16/10/2011	7:10:00	2,836449
16/10/2011	7:20:00	2,640426
16/10/2011	7:30:00	2,513011
16/10/2011	7:40:00	2,373835
16/10/2011	7:50:00	2,663949
16/10/2011	8:00:00	2,910938
16/10/2011	8:10:00	4,369347
16/10/2011	8:20:00	5,102472
16/10/2011	8:30:00	5,108352
16/10/2011	8:40:00	5,131875
16/10/2011	8:50:00	5,155398
16/10/2011	9:00:00	5,098551
16/10/2011	9:10:00	4,720227
16/10/2011	9:20:00	5,020142
16/10/2011	9:30:00	5,082869
16/10/2011	9:40:00	4,877045
16/10/2011	9:50:00	5,049545
16/10/2011	10:00:00	5,180881
16/10/2011	10:10:00	5,124034
16/10/2011	10:20:00	4,702585
16/10/2011	10:30:00	4,649659
16/10/2011	10:40:00	4,702585
16/10/2011	10:50:00	5,17108
16/10/2011	11:00:00	4,608494
16/10/2011	11:10:00	5,026023
16/10/2011	11:20:00	5,255369
16/10/2011	11:30:00	5,412188
16/10/2011	11:40:00	4,728068
16/10/2011	11:50:00	4,73983
16/10/2011	12:00:00	5,063267
16/10/2011	12:10:00	5,035824

16/10/2011	12:20:00	4,675142
16/10/2011	12:30:00	4,469318
16/10/2011	12:40:00	3,330426
16/10/2011	12:50:00	3,093239
16/10/2011	13:00:00	2,452244
16/10/2011	13:10:00	2,301307
16/10/2011	13:20:00	2,697273
16/10/2011	13:30:00	2,701193
16/10/2011	13:40:00	2,446364
16/10/2011	13:50:00	2,364034
16/10/2011	14:00:00	2,534574
16/10/2011	14:10:00	3,306903
16/10/2011	14:20:00	3,077557
16/10/2011	14:30:00	2,518892
16/10/2011	14:40:00	2,405199
16/10/2011	14:50:00	2,777642
16/10/2011	15:00:00	2,854091
16/10/2011	15:10:00	2,532614
16/10/2011	15:20:00	2,362074
16/10/2011	15:30:00	2,801165
16/10/2011	15:40:00	3,10108
16/10/2011	15:50:00	2,908977
16/10/2011	16:00:00	2,511051
16/10/2011	16:10:00	2,536534
16/10/2011	16:20:00	2,467926
16/10/2011	16:30:00	2,542415
16/10/2011	16:40:00	2,712955
16/10/2011	16:50:00	2,685511
16/10/2011	17:00:00	2,479688
16/10/2011	17:10:00	2,820767
16/10/2011	17:20:00	3,073636
16/10/2011	17:30:00	2,940341
16/10/2011	17:40:00	2,464006
16/10/2011	17:50:00	2,458125
16/10/2011	18:00:00	2,601222
16/10/2011	18:10:00	4,579091
16/10/2011	18:20:00	5,339659

16/10/2011	18:30:00	5,331818
16/10/2011	18:40:00	5,808153
16/10/2011	18:50:00	5,796392
16/10/2011	19:00:00	5,488636
16/10/2011	19:10:00	5,410227
16/10/2011	19:20:00	5,543523
16/10/2011	19:30:00	5,300455
16/10/2011	19:40:00	5,574886
16/10/2011	19:50:00	5,390625
16/10/2011	20:00:00	5,69642
16/10/2011	20:10:00	5,935568
16/10/2011	20:20:00	5,95125
16/10/2011	20:30:00	5,60233
16/10/2011	20:40:00	5,563125
16/10/2011	20:50:00	5,618011
16/10/2011	21:00:00	5,939489
16/10/2011	21:10:00	5,661136
16/10/2011	21:20:00	5,884602
16/10/2011	21:30:00	6,113949
16/10/2011	21:40:00	5,990455
16/10/2011	21:50:00	5,704261
16/10/2011	22:00:00	5,531761
16/10/2011	22:10:00	5,802273
16/10/2011	22:20:00	5,682699
16/10/2011	22:30:00	5,814034
16/10/2011	22:40:00	5,716023
16/10/2011	22:50:00	6,29233
16/10/2011	23:00:00	6,023778
16/10/2011	23:10:00	5,870881
16/10/2011	23:20:00	5,704261
16/10/2011	23:30:00	5,86892
16/10/2011	23:40:00	5,768949
16/10/2011	23:50:00	5,976733

Tabla4. 4: Demanda día 3
Fuente los autores

En este día se aprecia que los datos tienen un cambio bajo de demanda ya que su valor pico de carga se encuentra en 7,54 Kw, que registra en la madrugada antes de iniciar normalmente un día laboral común; esto significa que es el consumo normal de reflectores y lámparas que son parte de la iluminación exterior de la facultad. Este día corresponde a domingo en el cual solo personal de seguridad se encuentra dentro de la universidad.

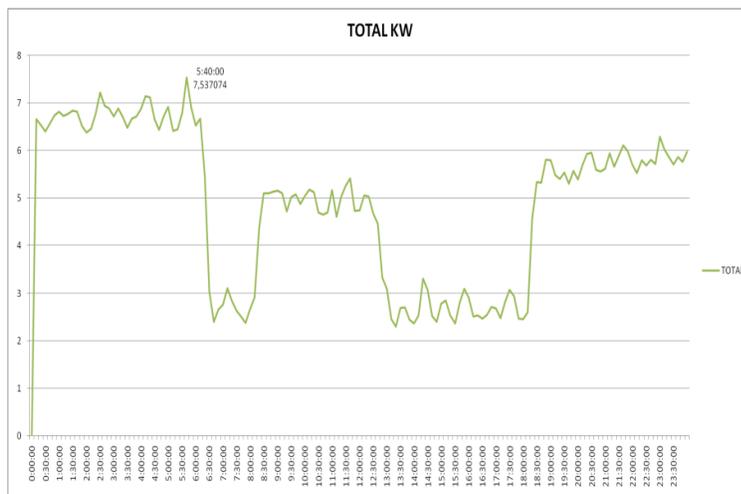


Gráfico 4. 3: Demanda energética día 3
Fuente: Los Autores

Se observa que es un día no laborable por ser domingo, el cual no tiene asistencia de parte de los estudiantes; esta curva se establece el consumo normal de algunos de los equipos electrónicos que posee la facultad, como ups, alarmas de laboratorios, sensores, etc.

4.3.4. Demanda energética de la FECYT día 4.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
17/10/2011	0:00:00	5,931648
17/10/2011	0:10:00	6,155114
17/10/2011	0:20:00	6,074744
17/10/2011	0:30:00	5,976733
17/10/2011	0:40:00	5,914006
17/10/2011	0:50:00	5,623892
17/10/2011	1:00:00	5,614091
17/10/2011	1:10:00	5,939489
17/10/2011	1:20:00	5,95517
17/10/2011	1:30:00	5,798352
17/10/2011	1:40:00	6,057102
17/10/2011	1:50:00	6,04142
17/10/2011	2:00:00	5,870881
17/10/2011	2:10:00	5,788551
17/10/2011	2:20:00	5,917926
17/10/2011	2:30:00	5,86892

17/10/2011	2:40:00	6,04142
17/10/2011	2:50:00	6,031619
17/10/2011	3:00:00	6,360938
17/10/2011	3:10:00	6,031619
17/10/2011	3:20:00	5,963011
17/10/2011	3:30:00	5,872841
17/10/2011	3:40:00	5,800313
17/10/2011	3:50:00	5,672898
17/10/2011	4:00:00	6,006136
17/10/2011	4:10:00	6,174716
17/10/2011	4:20:00	6,170795
17/10/2011	4:30:00	5,802273
17/10/2011	4:40:00	6,027699
17/10/2011	4:50:00	5,865
17/10/2011	5:00:00	5,588608
17/10/2011	5:10:00	5,541563
17/10/2011	5:20:00	5,988494
17/10/2011	5:30:00	5,904205

17/10/2011	5:40:00	5,959091
17/10/2011	5:50:00	5,600369
17/10/2011	6:00:00	5,567045
17/10/2011	6:10:00	2,487528
17/10/2011	6:20:00	2,217017
17/10/2011	6:30:00	2,171932
17/10/2011	6:40:00	2,644347
17/10/2011	6:50:00	2,646307
17/10/2011	7:00:00	2,754119
17/10/2011	7:10:00	2,581619
17/10/2011	7:20:00	3,316705
17/10/2011	7:30:00	3,634261
17/10/2011	7:40:00	5,059347
17/10/2011	7:50:00	5,34554
17/10/2011	8:00:00	5,486676
17/10/2011	8:10:00	6,164915
17/10/2011	8:20:00	6,598125
17/10/2011	8:30:00	6,843153

17/10/2011	8:40:00	7,256761
17/10/2011	8:50:00	7,452784
17/10/2011	9:00:00	7,658608
17/10/2011	9:10:00	10,424489
17/10/2011	9:20:00	11,379119
17/10/2011	9:30:00	12,76304
17/10/2011	9:40:00	13,455
17/10/2011	9:50:00	12,919858
17/10/2011	10:00:00	12,498409
17/10/2011	10:10:00	13,468722
17/10/2011	10:20:00	13,947017
17/10/2011	10:30:00	14,772273
17/10/2011	10:40:00	14,848722
17/10/2011	10:50:00	14,754631
17/10/2011	11:00:00	12,653267
17/10/2011	11:10:00	12,800284
17/10/2011	11:20:00	11,841733
17/10/2011	11:30:00	11,712358
17/10/2011	11:40:00	11,488892
17/10/2011	11:50:00	11,669233
17/10/2011	12:00:00	11,398722
17/10/2011	12:10:00	11,484972
17/10/2011	12:20:00	11,263466
17/10/2011	12:30:00	11,541818
17/10/2011	12:40:00	10,981193
17/10/2011	12:50:00	10,673438
17/10/2011	13:00:00	10,630313
17/10/2011	13:10:00	9,756051
17/10/2011	13:20:00	9,14054
17/10/2011	13:30:00	10,399006
17/10/2011	13:40:00	11,034119
17/10/2011	13:50:00	10,638153

17/10/2011	14:00:00	10,26571
17/10/2011	14:10:00	11,020398
17/10/2011	14:20:00	10,985114
17/10/2011	14:30:00	10,985114
17/10/2011	14:40:00	11,077244
17/10/2011	14:50:00	10,549943
17/10/2011	15:00:00	9,738409
17/10/2011	15:10:00	8,499545
17/10/2011	15:20:00	8,230994
17/10/2011	15:30:00	9,248352
17/10/2011	15:40:00	10,908665
17/10/2011	15:50:00	13,990142
17/10/2011	16:00:00	13,176648
17/10/2011	16:10:00	15,43483
17/10/2011	16:20:00	17,059858
17/10/2011	16:30:00	17,998807
17/10/2011	16:40:00	18,290881
17/10/2011	16:50:00	19,884545
17/10/2011	17:00:00	21,180256
17/10/2011	17:10:00	22,215256
17/10/2011	17:20:00	25,18304
17/10/2011	17:30:00	26,537557
17/10/2011	17:40:00	27,50983
17/10/2011	17:50:00	28,340966
17/10/2011	18:00:00	29,144659
17/10/2011	18:10:00	32,906335
17/10/2011	18:20:00	35,368381
17/10/2011	18:30:00	35,18804
17/10/2011	18:40:00	35,254688
17/10/2011	18:50:00	34,445114
17/10/2011	19:00:00	34,056989
17/10/2011	19:10:00	31,973267

17/10/2011	19:20:00	29,49554
17/10/2011	19:30:00	28,423295
17/10/2011	19:40:00	28,142983
17/10/2011	19:50:00	27,176591
17/10/2011	20:00:00	25,810313
17/10/2011	20:10:00	24,116676
17/10/2011	20:20:00	23,469801
17/10/2011	20:30:00	20,407926
17/10/2011	20:40:00	15,227045
17/10/2011	20:50:00	11,649631
17/10/2011	21:00:00	9,424773
17/10/2011	21:10:00	6,174716
17/10/2011	21:20:00	5,492557
17/10/2011	21:30:00	5,388665
17/10/2011	21:40:00	5,43375
17/10/2011	21:50:00	5,60625
17/10/2011	22:00:00	5,243608
17/10/2011	22:10:00	5,118153
17/10/2011	22:20:00	5,231847
17/10/2011	22:30:00	4,99858
17/10/2011	22:40:00	5,292614
17/10/2011	22:50:00	4,926051
17/10/2011	23:00:00	5,300455
17/10/2011	23:10:00	5,024063
17/10/2011	23:20:00	5,537642
17/10/2011	23:30:00	5,220085
17/10/2011	23:40:00	5,184801
17/10/2011	23:50:00	5,016222

Tabla4. 5: Demanda día 4
Fuente los autores

Apreciando los registros y analizando en el gráfico el comportamiento de la forma de onda de la demanda eléctrica de la facultad; deducimos que este día ya se trabaja en condiciones normales en comparación del día anterior (domingo). Se observa que el mayor registro de consumo se encuentra a las 18:20 horas y con 35, 368 Kw, es decir se establece que el mayor consumo se da en el horario nocturno.

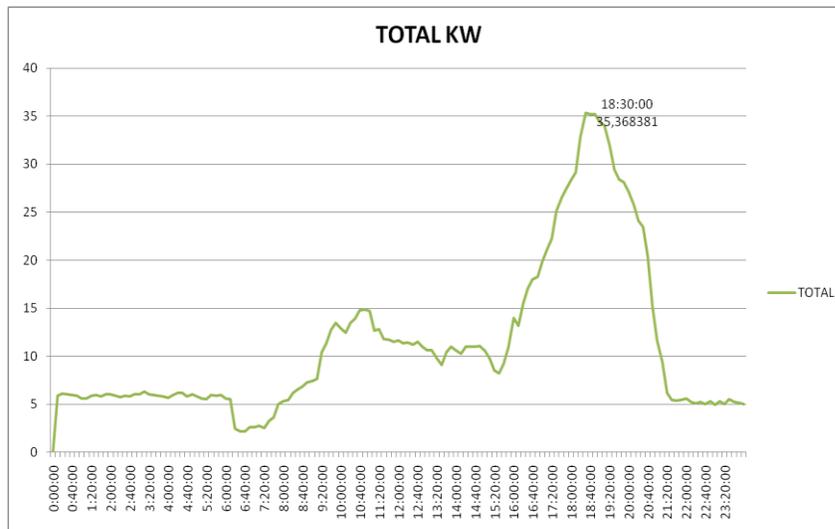


Gráfico4. 4 : Demanda energética día 4
Fuente: Los Autores

Las variaciones de la demanda que se analizar en el gráfico es que en la mañana no existe mayor demanda ya que el horario laboral de mayor afluencia es en la tarde desde las 15:00 horas hasta las 21:00 horas que es cuando se termina el día laboral en la facultad.

4.3.5. Demanda energética de la FECYT día 5.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
18/10/2011	0:00:00	4,996619
18/10/2011	0:10:00	5,755227
18/10/2011	0:20:00	5,529801
18/10/2011	0:30:00	5,292614
18/10/2011	0:40:00	5,020142
18/10/2011	0:50:00	5,196563
18/10/2011	1:00:00	5,929688
18/10/2011	1:10:00	5,374943
18/10/2011	1:20:00	4,990739
18/10/2011	1:30:00	5,022102
18/10/2011	1:40:00	5,553324
18/10/2011	1:50:00	5,668977
18/10/2011	2:00:00	5,282813
18/10/2011	2:10:00	5,17696
18/10/2011	2:20:00	5,34358
18/10/2011	2:30:00	5,280852

18/10/2011	2:40:00	5,570966
18/10/2011	2:50:00	5,286733
18/10/2011	3:00:00	5,465114
18/10/2011	3:10:00	5,127955
18/10/2011	3:20:00	5,614091
18/10/2011	3:30:00	5,727784
18/10/2011	3:40:00	5,759148
18/10/2011	3:50:00	5,125994
18/10/2011	4:00:00	5,253409
18/10/2011	4:10:00	5,627813
18/10/2011	4:20:00	5,796392
18/10/2011	4:30:00	5,443551
18/10/2011	4:40:00	5,290653
18/10/2011	4:50:00	5,310256
18/10/2011	5:00:00	5,825795
18/10/2011	5:10:00	5,43179
18/10/2011	5:20:00	5,463153
18/10/2011	5:30:00	5,394545

18/10/2011	5:40:00	5,392585
18/10/2011	5:50:00	5,567045
18/10/2011	6:00:00	5,253409
18/10/2011	6:10:00	3,155966
18/10/2011	6:20:00	1,905341
18/10/2011	6:30:00	1,930824
18/10/2011	6:40:00	2,148409
18/10/2011	6:50:00	2,342472
18/10/2011	7:00:00	2,369915
18/10/2011	7:10:00	2,15429
18/10/2011	7:20:00	3,026591
18/10/2011	7:30:00	5,886563
18/10/2011	7:40:00	6,347216
18/10/2011	7:50:00	5,680739
18/10/2011	8:00:00	4,714347
18/10/2011	8:10:00	5,763068
18/10/2011	8:20:00	5,743466
18/10/2011	8:30:00	5,619972

18/10/2011	8:40:00	7,374375
18/10/2011	8:50:00	11,483011
18/10/2011	9:00:00	12,927699
18/10/2011	9:10:00	12,092642
18/10/2011	9:20:00	12,149489
18/10/2011	9:30:00	13,997983
18/10/2011	9:40:00	14,207727
18/10/2011	9:50:00	14,154801
18/10/2011	10:00:00	13,778438
18/10/2011	10:10:00	13,754915
18/10/2011	10:20:00	12,637585
18/10/2011	10:30:00	13,664744
18/10/2011	10:40:00	13,388352
18/10/2011	10:50:00	13,937216
18/10/2011	11:00:00	13,739233
18/10/2011	11:10:00	14,205767
18/10/2011	11:20:00	14,217528
18/10/2011	11:30:00	14,280256
18/10/2011	11:40:00	13,055114
18/10/2011	11:50:00	13,656903
18/10/2011	12:00:00	13,274659
18/10/2011	12:10:00	13,090398
18/10/2011	12:20:00	12,345511
18/10/2011	12:30:00	11,875057
18/10/2011	12:40:00	11,063523
18/10/2011	12:50:00	10,732244
18/10/2011	13:00:00	10,230426
18/10/2011	13:10:00	10,136335
18/10/2011	13:20:00	11,47125
18/10/2011	13:30:00	12,488608
18/10/2011	13:40:00	13,072756
18/10/2011	13:50:00	13,059034

18/10/2011	14:00:00	13,10608
18/10/2011	14:10:00	13,055114
18/10/2011	14:20:00	12,827727
18/10/2011	14:30:00	13,647102
18/10/2011	14:40:00	14,192045
18/10/2011	14:50:00	12,814006
18/10/2011	15:00:00	12,370994
18/10/2011	15:10:00	12,947301
18/10/2011	15:20:00	13,094318
18/10/2011	15:30:00	13,490284
18/10/2011	15:40:00	14,139119
18/10/2011	15:50:00	15,18
18/10/2011	16:00:00	17,85571
18/10/2011	16:10:00	18,034091
18/10/2011	16:20:00	18,900511
18/10/2011	16:30:00	18,553551
18/10/2011	16:40:00	18,677045
18/10/2011	16:50:00	20,319716
18/10/2011	17:00:00	22,193693
18/10/2011	17:10:00	24,673381
18/10/2011	17:20:00	25,185
18/10/2011	17:30:00	26,813949
18/10/2011	17:40:00	25,414347
18/10/2011	17:50:00	24,661619
18/10/2011	18:00:00	24,814517
18/10/2011	18:10:00	25,884801
18/10/2011	18:20:00	27,029574
18/10/2011	18:30:00	27,17267
18/10/2011	18:40:00	27,660767
18/10/2011	18:50:00	28,684006
18/10/2011	19:00:00	31,020597
18/10/2011	19:10:00	31,22642

18/10/2011	19:20:00	30,542301
18/10/2011	19:30:00	28,815341
18/10/2011	19:40:00	26,598324
18/10/2011	19:50:00	27,019773
18/10/2011	20:00:00	26,857074
18/10/2011	20:10:00	25,449631
18/10/2011	20:20:00	21,613466
18/10/2011	20:30:00	20,188381
18/10/2011	20:40:00	16,628608
18/10/2011	20:50:00	12,688551
18/10/2011	21:00:00	8,668125
18/10/2011	21:10:00	6,907841
18/10/2011	21:20:00	5,935568
18/10/2011	21:30:00	5,986534
18/10/2011	21:40:00	6,200199
18/10/2011	21:50:00	6,104148
18/10/2011	22:00:00	6,323693
18/10/2011	22:10:00	6,147273
18/10/2011	22:20:00	6,049261
18/10/2011	22:30:00	6,061023
18/10/2011	22:40:00	5,796392
18/10/2011	22:50:00	6,270767
18/10/2011	23:00:00	6,547159
18/10/2011	23:10:00	6,176676
18/10/2011	23:20:00	5,717983
18/10/2011	23:30:00	6,157074
18/10/2011	23:40:00	6,066903
18/10/2011	23:50:00	6,362898

Tabla4. 6: Demanda día 5

Fuente los autores

Aquí los datos y el gráfico muestran algo similar al día anterior teniendo en cuenta una pequeña variación en el horario y la mayor demanda se da a las 19:10 horas con 31,226 Kw, al igual que el anterior día, su mayor demanda se encuentra en la noche.

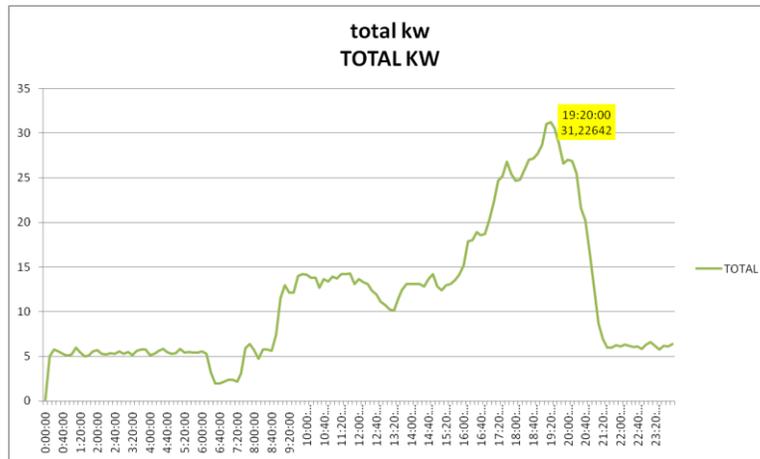


Gráfico4. 5: Demanda energética día 5
Fuente: Los Autores

Las variaciones que se analiza en el gráfico es que en la mañana no existe mayor demanda; ya que el horario de labores en la facultad prevalecerá siempre en la noche, debido a la afluencia vespertina es entre las 15:00 hasta las 21:00, que es cuando termina un día laboral común.

4.3.6. Demanda energética de la FECYT día 6.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
19/10/2011	0:00:00	6,141392
19/10/2011	0:10:00	6,302131
19/10/2011	0:20:00	6,098267
19/10/2011	0:30:00	5,986534
19/10/2011	0:40:00	5,872841
19/10/2011	0:50:00	6,741222
19/10/2011	1:00:00	6,190398
19/10/2011	1:10:00	5,847358
19/10/2011	1:20:00	5,874801
19/10/2011	1:30:00	6,315852
19/10/2011	1:40:00	6,000256
19/10/2011	1:50:00	6,178636
19/10/2011	2:00:00	5,968892
19/10/2011	2:10:00	6,172756
19/10/2011	2:20:00	6,031619
19/10/2011	2:30:00	5,792472

19/10/2011	2:40:00	6,262926
19/10/2011	2:50:00	6,423665
19/10/2011	3:00:00	6,131591
19/10/2011	3:10:00	6,03358
19/10/2011	3:20:00	6,221761
19/10/2011	3:30:00	6,172756
19/10/2011	3:40:00	6,702017
19/10/2011	3:50:00	6,513835
19/10/2011	4:00:00	6,180597
19/10/2011	4:10:00	6,12767
19/10/2011	4:20:00	6,523636
19/10/2011	4:30:00	5,998295
19/10/2011	4:40:00	6,519716
19/10/2011	4:50:00	6,543239
19/10/2011	5:00:00	6,159034
19/10/2011	5:10:00	5,843438
19/10/2011	5:20:00	6,013977
19/10/2011	5:30:00	6,308011

19/10/2011	5:40:00	6,278608
19/10/2011	5:50:00	6,019858
19/10/2011	6:00:00	5,075028
19/10/2011	6:10:00	3,079517
19/10/2011	6:20:00	2,67571
19/10/2011	6:30:00	2,703153
19/10/2011	6:40:00	2,493409
19/10/2011	6:50:00	2,718835
19/10/2011	7:00:00	2,467926
19/10/2011	7:10:00	2,315028
19/10/2011	7:20:00	2,724716
19/10/2011	7:30:00	5,878722
19/10/2011	7:40:00	4,777074
19/10/2011	7:50:00	5,09071
19/10/2011	8:00:00	4,696705
19/10/2011	8:10:00	4,796676
19/10/2011	8:20:00	5,772869
19/10/2011	8:30:00	5,980653

19/10/2011	8:40:00	6,566761
19/10/2011	8:50:00	8,350568
19/10/2011	9:00:00	9,395369
19/10/2011	9:10:00	8,599517
19/10/2011	9:20:00	12,42392
19/10/2011	9:30:00	12,949261
19/10/2011	9:40:00	12,631705
19/10/2011	9:50:00	12,041676
19/10/2011	10:00:00	12,943381
19/10/2011	10:10:00	11,371278
19/10/2011	10:20:00	10,483295
19/10/2011	10:30:00	11,655511
19/10/2011	10:40:00	13,072756
19/10/2011	10:50:00	12,776761
19/10/2011	11:00:00	11,98679
19/10/2011	11:10:00	11,324233
19/10/2011	11:20:00	11,826051
19/10/2011	11:30:00	11,686875
19/10/2011	11:40:00	11,422244
19/10/2011	11:50:00	11,673153
19/10/2011	12:00:00	11,306591
19/10/2011	12:10:00	10,998835
19/10/2011	12:20:00	10,687159
19/10/2011	12:30:00	10,148097
19/10/2011	12:40:00	10,224545
19/10/2011	12:50:00	10,099091
19/10/2011	13:00:00	10,246108
19/10/2011	13:10:00	8,930795
19/10/2011	13:20:00	9,250313
19/10/2011	13:30:00	8,956278
19/10/2011	13:40:00	10,810653
19/10/2011	13:50:00	11,594744

19/10/2011	14:00:00	12,133807
19/10/2011	14:10:00	12,147528
19/10/2011	14:20:00	12,814006
19/10/2011	14:30:00	14,180284
19/10/2011	14:40:00	14,507642
19/10/2011	14:50:00	12,612102
19/10/2011	15:00:00	12,394517
19/10/2011	15:10:00	13,047273
19/10/2011	15:20:00	13,445199
19/10/2011	15:30:00	13,633381
19/10/2011	15:40:00	15,822955
19/10/2011	15:50:00	17,089261
19/10/2011	16:00:00	18,132102
19/10/2011	16:10:00	18,530028
19/10/2011	16:20:00	18,918153
19/10/2011	16:30:00	19,853182
19/10/2011	16:40:00	20,102131
19/10/2011	16:50:00	19,868864
19/10/2011	17:00:00	20,621591
19/10/2011	17:10:00	22,519091
19/10/2011	17:20:00	25,579006
19/10/2011	17:30:00	27,86267
19/10/2011	17:40:00	29,938551
19/10/2011	17:50:00	31,598864
19/10/2011	18:00:00	31,024517
19/10/2011	18:10:00	29,41125
19/10/2011	18:20:00	29,226989
19/10/2011	18:30:00	27,519631
19/10/2011	18:40:00	28,770256
19/10/2011	18:50:00	28,942756
19/10/2011	19:00:00	28,613438
19/10/2011	19:10:00	27,921477

19/10/2011	19:20:00	25,922045
19/10/2011	19:30:00	25,159517
19/10/2011	19:40:00	24,992898
19/10/2011	19:50:00	24,563608
19/10/2011	20:00:00	21,927102
19/10/2011	20:10:00	19,414091
19/10/2011	20:20:00	18,351648
19/10/2011	20:30:00	16,510994
19/10/2011	20:40:00	12,686591
19/10/2011	20:50:00	11,518295
19/10/2011	21:00:00	9,709006
19/10/2011	21:10:00	5,249489
19/10/2011	21:20:00	5,055426
19/10/2011	21:30:00	5,421989
19/10/2011	21:40:00	5,469034
19/10/2011	21:50:00	4,990739
19/10/2011	22:00:00	5,165199
19/10/2011	22:10:00	5,294574
19/10/2011	22:20:00	4,761392
19/10/2011	22:30:00	4,928011
19/10/2011	22:40:00	5,302415
19/10/2011	22:50:00	5,008381
19/10/2011	23:00:00	4,792756
19/10/2011	23:10:00	4,767273
19/10/2011	23:20:00	5,045625
19/10/2011	23:30:00	4,91625
19/10/2011	23:40:00	5,202443
19/10/2011	23:50:00	5,739545

Tabla4. 7: Demanda día 6
Fuente: Los autores

Este día se observa que se mantiene en el mismo rango que los dos días anteriores, la hora de mayor demanda se encuentra por la tarde a las 17:50 horas, con 31,598 KW, ya siendo parte de la noche porque se puede afirmar que en este tiempo, las lámparas de iluminación, tanto interior como exterior, entran en funcionamiento en toda la facultad; ya que en estos días el ocaso del sol se registra más pronto que en meses anteriores.

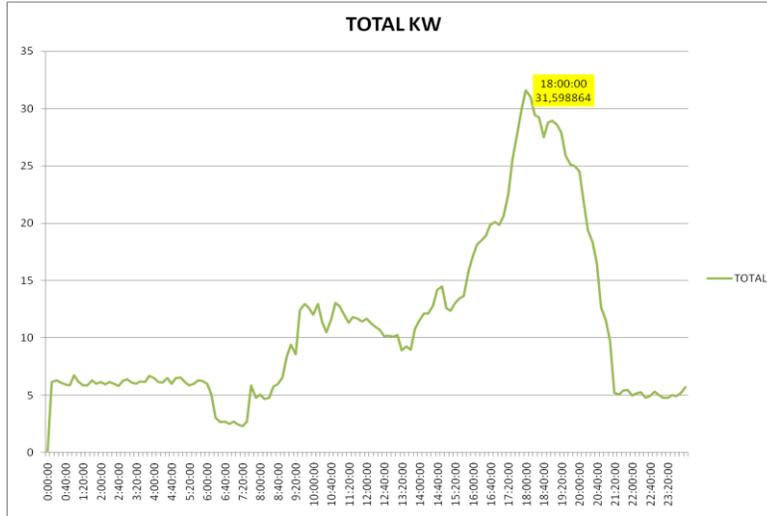


Gráfico4. 6: Demanda energética día 6
Fuente: Los Autores

Las variaciones que se observa en el gráfico, en la mañana, tienden a aparecer una fluctuación de onda entre las 10:40 horas, pero la demanda que prevalecerá en la facultad, siempre está en el horario nocturno, debido a la mayor afluencia de estudiantes que va desde las 15:00 horas hasta las 21:00 horas que culmina la jornada laboral.

4.3.7. Demanda energética de la FECYT día 7.

FECHA	HORA	TOTAL
		KW
20/10/2011	0:00:00	4,879006
20/10/2011	0:10:00	4,855483
20/10/2011	0:20:00	5,008381
20/10/2011	0:30:00	5,225966
20/10/2011	0:40:00	5,218125
20/10/2011	0:50:00	5,34358
20/10/2011	1:00:00	5,478835
20/10/2011	1:10:00	5,063267
20/10/2011	1:20:00	5,122074
20/10/2011	1:30:00	5,239688
20/10/2011	1:40:00	5,161278
20/10/2011	1:50:00	5,073068
20/10/2011	2:00:00	5,494517
20/10/2011	2:10:00	5,420028

20/10/2011	2:20:00	5,316136
20/10/2011	2:30:00	4,91821
20/10/2011	2:40:00	4,82804
20/10/2011	2:50:00	5,43767
20/10/2011	3:00:00	5,416108
20/10/2011	3:10:00	5,278892
20/10/2011	3:20:00	5,00054
20/10/2011	3:30:00	5,237727
20/10/2011	3:40:00	5,204403
20/10/2011	3:50:00	4,931932
20/10/2011	4:00:00	5,08483
20/10/2011	4:10:00	5,723864
20/10/2011	4:20:00	5,26321
20/10/2011	4:30:00	4,880966
20/10/2011	4:40:00	5,09267
20/10/2011	4:50:00	4,808438

20/10/2011	5:00:00	5,098551
20/10/2011	5:10:00	5,225966
20/10/2011	5:20:00	5,222045
20/10/2011	5:30:00	4,835881
20/10/2011	5:40:00	4,843722
20/10/2011	5:50:00	5,143636
20/10/2011	6:00:00	4,73983
20/10/2011	6:10:00	1,836733
20/10/2011	6:20:00	2,220938
20/10/2011	6:30:00	1,97983
20/10/2011	6:40:00	1,46821
20/10/2011	6:50:00	1,703438
20/10/2011	7:00:00	1,850455
20/10/2011	7:10:00	2,15625
20/10/2011	7:20:00	2,569858
20/10/2011	7:30:00	2,115085

20/10/2011	7:40:00	2,181733
20/10/2011	7:50:00	2,691392
20/10/2011	8:00:00	2,616903
20/10/2011	8:10:00	2,781563
20/10/2011	8:20:00	3,930256
20/10/2011	8:30:00	4,328182
20/10/2011	8:40:00	5,041705
20/10/2011	8:50:00	6,394261
20/10/2011	9:00:00	7,723295
20/10/2011	9:10:00	11,263466
20/10/2011	9:20:00	12,688551
20/10/2011	9:30:00	13,098239
20/10/2011	9:40:00	12,457244
20/10/2011	9:50:00	12,743438
20/10/2011	10:00:00	13,592216
20/10/2011	10:10:00	13,794119
20/10/2011	10:20:00	15,299574
20/10/2011	10:30:00	17,612642
20/10/2011	10:40:00	17,536193
20/10/2011	10:50:00	18,986761
20/10/2011	11:00:00	18,239915
20/10/2011	11:10:00	18,353608
20/10/2011	11:20:00	17,928239
20/10/2011	11:30:00	17,545994
20/10/2011	11:40:00	18,141903
20/10/2011	11:50:00	18,051733
20/10/2011	12:00:00	16,948125
20/10/2011	12:10:00	15,279972
20/10/2011	12:20:00	13,594176
20/10/2011	12:30:00	13,341307
20/10/2011	12:40:00	13,143324
20/10/2011	12:50:00	12,365114
20/10/2011	13:00:00	11,965227
20/10/2011	13:10:00	13,513807

20/10/2011	13:20:00	15,164318
20/10/2011	13:30:00	14,06267
20/10/2011	13:40:00	13,71375
20/10/2011	13:50:00	13,206051
20/10/2011	14:00:00	13,874489
20/10/2011	14:10:00	14,57821
20/10/2011	14:20:00	15,421108
20/10/2011	14:30:00	15,550483
20/10/2011	14:40:00	13,966619
20/10/2011	14:50:00	12,108324
20/10/2011	15:00:00	12,374915
20/10/2011	15:10:00	12,155369
20/10/2011	15:20:00	12,498409
20/10/2011	15:30:00	13,208011
20/10/2011	15:40:00	14,180284
20/10/2011	15:50:00	16,752102
20/10/2011	16:00:00	18,880909
20/10/2011	16:10:00	19,706165
20/10/2011	16:20:00	19,206307
20/10/2011	16:30:00	20,153097
20/10/2011	16:40:00	20,44517
20/10/2011	16:50:00	21,066563
20/10/2011	17:00:00	21,636989
20/10/2011	17:10:00	22,415199
20/10/2011	17:20:00	24,987017
20/10/2011	17:30:00	25,69858
20/10/2011	17:40:00	26,127869
20/10/2011	17:50:00	27,178551
20/10/2011	18:00:00	27,354972
20/10/2011	18:10:00	28,799659
20/10/2011	18:20:00	32,792642
20/10/2011	18:30:00	33,304261
20/10/2011	18:40:00	34,147159
20/10/2011	18:50:00	34,009943

20/10/2011	19:00:00	33,543409
20/10/2011	19:10:00	33,80804
20/10/2011	19:20:00	32,559375
20/10/2011	19:30:00	32,049716
20/10/2011	19:40:00	31,614545
20/10/2011	19:50:00	30,889261
20/10/2011	20:00:00	28,901591
20/10/2011	20:10:00	27,380455
20/10/2011	20:20:00	25,810313
20/10/2011	20:30:00	23,230653
20/10/2011	20:40:00	18,63
20/10/2011	20:50:00	15,338778
20/10/2011	21:00:00	10,873381
20/10/2011	21:10:00	9,320881
20/10/2011	21:20:00	7,435142
20/10/2011	21:30:00	7,001932
20/10/2011	21:40:00	5,784631
20/10/2011	21:50:00	5,565085
20/10/2011	22:00:00	5,078949
20/10/2011	22:10:00	5,120114
20/10/2011	22:20:00	5,353381
20/10/2011	22:30:00	5,09267
20/10/2011	22:40:00	5,51804
20/10/2011	22:50:00	5,133835
20/10/2011	23:00:00	5,163239
20/10/2011	23:10:00	5,00642
20/10/2011	23:20:00	4,953494
20/10/2011	23:30:00	4,857443
20/10/2011	23:40:00	5,124034
20/10/2011	23:50:00	5,567045

Tabla4. 8: Demanda día 7
Fuente los autores

Observando los datos obtenidos por el analizador y mirando la onda en el gráfico, se puede apreciar que se mantiene dentro del mismo rango de consumo que los dos días anteriores, la hora de mayor demanda se encuentra en la noche a las 18:50 horas con 34,009 Kw dentro del horario nocturno.

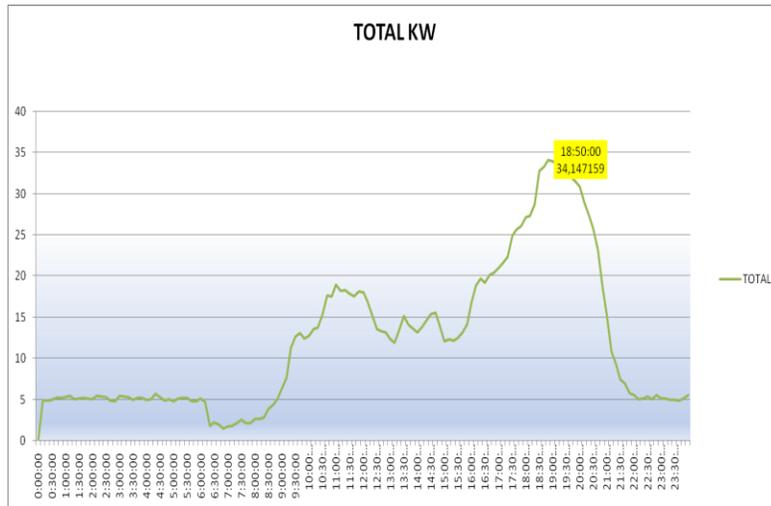


Gráfico4. 7: Demanda energética día 7
Fuente: Los Autores

La forma de onda del gráfico que proporciona este día, es muy similar que los anteriores en el cual se registra una pequeña variación de consumo en la mañana, y a partir del inicio de la jornada vespertina, se da que en la tarde empieza a subir hasta encontrar su pico de consumo a las 18:50 horas.

4.3.8. Demanda energética de la FECYT día 8.

FECHA	HORA	TOTAL KW
21/10/2011	0:00:00	5,00446
21/10/2011	0:10:00	5,112273
21/10/2011	0:20:00	5,253409
21/10/2011	0:30:00	5,457273
21/10/2011	0:40:00	5,049545
21/10/2011	0:50:00	5,247528
21/10/2011	1:00:00	5,670938
21/10/2011	1:10:00	5,398466
21/10/2011	1:20:00	5,235767
21/10/2011	1:30:00	4,990739
21/10/2011	1:40:00	5,075028
21/10/2011	1:50:00	5,041705
21/10/2011	2:00:00	5,531761
21/10/2011	2:10:00	5,725824
21/10/2011	2:20:00	5,308295
21/10/2011	2:30:00	5,135795
21/10/2011	2:40:00	5,027983
21/10/2011	2:50:00	5,247528

21/10/2011	3:00:00	5,902244
21/10/2011	3:10:00	5,480795
21/10/2011	3:20:00	5,133835
21/10/2011	3:30:00	5,041705
21/10/2011	3:40:00	5,651335
21/10/2011	3:50:00	5,52392
21/10/2011	4:00:00	5,292614
21/10/2011	4:10:00	5,786591
21/10/2011	4:20:00	5,425909
21/10/2011	4:30:00	5,400426
21/10/2011	4:40:00	5,412188
21/10/2011	4:50:00	5,186761
21/10/2011	5:00:00	5,51608
21/10/2011	5:10:00	5,52196
21/10/2011	5:20:00	5,416108
21/10/2011	5:30:00	5,251449
21/10/2011	5:40:00	5,016222
21/10/2011	5:50:00	5,196563
21/10/2011	6:00:00	4,963295
21/10/2011	6:10:00	3,459801

21/10/2011	6:20:00	2,360114
21/10/2011	6:30:00	1,873977
21/10/2011	6:40:00	1,907301
21/10/2011	6:50:00	1,89946
21/10/2011	7:00:00	2,062159
21/10/2011	7:10:00	2,454205
21/10/2011	7:20:00	3,740114
21/10/2011	7:30:00	6,092386
21/10/2011	7:40:00	6,668693
21/10/2011	7:50:00	6,602045
21/10/2011	8:00:00	7,546875
21/10/2011	8:10:00	8,301563
21/10/2011	8:20:00	10,042244
21/10/2011	8:30:00	10,110852
21/10/2011	8:40:00	10,248068
21/10/2011	8:50:00	10,277472
21/10/2011	9:00:00	9,285597
21/10/2011	9:10:00	10,636193
21/10/2011	9:20:00	10,806733
21/10/2011	9:30:00	10,014801

21/10/2011	9:40:00	10,426449
21/10/2011	9:50:00	10,281392
21/10/2011	10:00:00	10,889063
21/10/2011	10:10:00	11,353636
21/10/2011	10:20:00	10,990994
21/10/2011	10:30:00	10,332358
21/10/2011	10:40:00	8,750455
21/10/2011	10:50:00	10,201023
21/10/2011	11:00:00	9,681563
21/10/2011	11:10:00	9,293438

21/10/2011	11:20:00	10,598949
21/10/2011	11:30:00	11,541818
21/10/2011	11:40:00	11,314432
21/10/2011	11:50:00	12,964943
21/10/2011	12:00:00	12,686591
21/10/2011	12:10:00	13,327585
21/10/2011	12:20:00	13,707869
21/10/2011	12:30:00	12,717955
21/10/2011	12:40:00	12,149489
21/10/2011	12:50:00	12,614063

21/10/2011	13:00:00	11,737841
21/10/2011	13:10:00	9,763892
21/10/2011	13:20:00	10,69892
21/10/2011	13:30:00	11,577102
21/10/2011	13:40:00	12,000511
21/10/2011	13:50:00	11,692756
21/10/2011	14:00:00	12,404318
21/10/2011	14:10:00	12,16321
21/10/2011	14:20:00	11,679034
21/10/2011	14:30:00	13,686307

Tabla4. 9: Demanda día 8

Fuente los autores

Este corresponde al último día que se realizó el análisis de consumo y por tanto, también es el complemento del día viernes 14 que los datos de la mañana no se los obtuvo; por consecuencia estos datos serán parte del día 14 que da inicio a la toma de datos a partir de las 14:30 horas. Además en este día finaliza el análisis, teniendo un valor máximo de carga al mediodía con un valor de 13,707 Kw, estos datos nos sirven para la unión con los registros del día 1 para la traficación y análisis del consumo final.

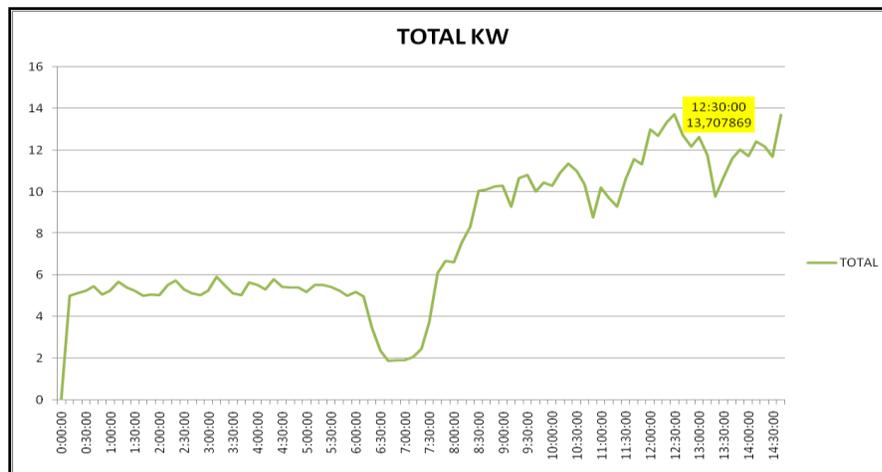


Gráfico4. 8: Demanda energética día 8

Fuente: Los Autores

En esta gráfica se puede ver el comportamiento del consumo sigue siendo similar a días anteriores, ya que es analizado hasta las 14:30 horas, que es el complemento de la gráfica del día 14 de octubre del 2011.

Se efectuó el análisis general del consumo energético de la FECYT, en el gráfico de a continuación, observamos el comportamiento variado del consumo en los días de medición.

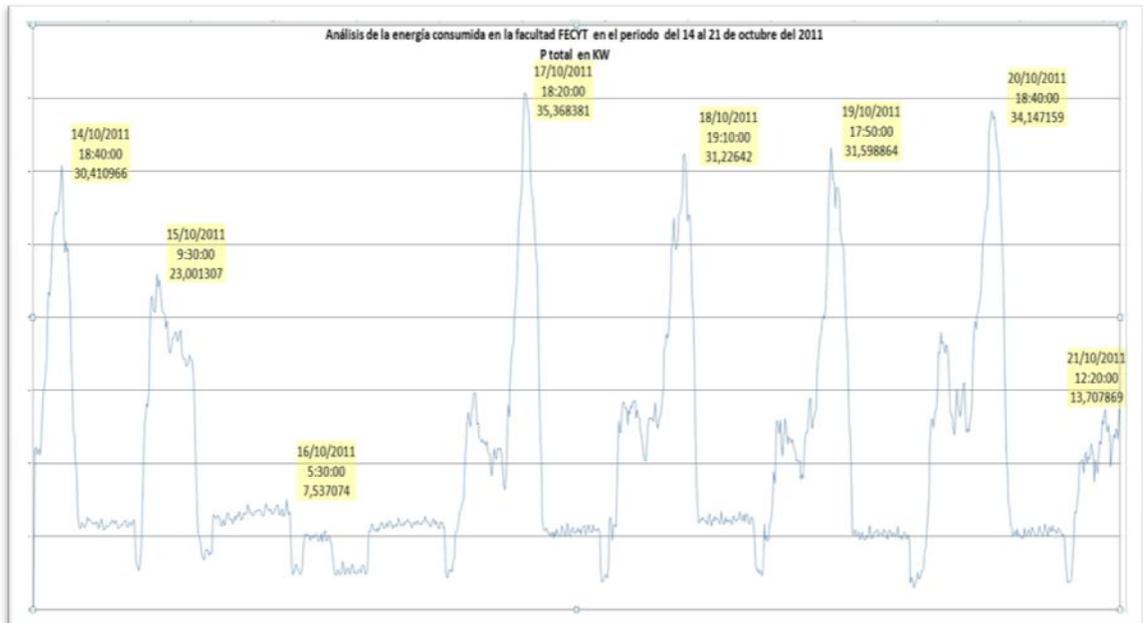


Gráfico4. 9: Demanda energética total
Fuente: Los Autores

4.3.9. Análisis de la demanda eléctrica total.

Se observa el comportamiento de la curva general de consumo de la demanda eléctrica de la facultad, se puede apreciar que los días 21 y 14, corresponden a una misma onda teniendo el pico máximo entre estos, el 14 en la tarde; al igual que los días 17, 18, 19 y 20 del mes analizado, las ondas de estos días se encuentra una similitud de consumo eléctrico de parte de la facultad.

Conjuntamente se encuentra dentro del mismo rango, entre 30 a 35 KW, localizando el mayor pico de demanda el día lunes 17, con un valor máximo de registro de 35,368 KW, que se da al inicio de la noche, por tanto el día sábado 15 de octubre tomando en cuenta que en este día se desarrolla el

programa de estudios semi - presencial que otorga la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología FECYT, en el horario de 07:00 horas hasta las 15:00 horas, que termina la jornada de estudios; en el día domingo 16, la mayor demanda se da en la madrugada ya que se toma en cuenta solo el consumo normal de las iluminarias y reflectores que son parte de la iluminación exterior del edificio.

Para elaborar el diseño, se debe tomar en cuenta la mayor demanda de consumo el cual se registró el día lunes 17 de Octubre del 2011, para posteriormente pasar a utilizarlo en el desarrollo del estudio y propuesta tecnológica y modelo que se ejecutó en el taller de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

4.4. Mediciones de Radiación.

Las mediciones de radiación para sustentar el estudio se las realizó durante seis meses, las cuales fueron tomadas para tener una clara idea de los niveles de radiación e incidencia de nubosidad que posee la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, específicamente la Universidad Técnica del Norte, además saber la factibilidad de la implementación de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica mediante el análisis del consumo eléctrico que tiene la facultad.

Con el estudio de la radiación solar y de la nubosidad, se deduce que el Ecuador es un país privilegiado, puesto que las condiciones climáticas en esta zona geográfica son muy favorables para una generación eléctrica a base de paneles solares fotovoltaicos, ya que la incidencia del sol como fuente principal de energía es muy frecuente y en su mayoría de los meses del año, se tiene como promedio mensual de radiación solar 1.19 (kw/m²).

4.5. Incidencia de la radiación en la ciudad de Ibarra.

El cálculo de la incidencia del sol y los niveles de radiación en la ciudad de Ibarra y en la Universidad Técnica del Norte, comprende la medición de nubosidad y radiación promedio en Ibarra, comprendidas desde septiembre 2011 hasta marzo del 2012, a continuación se presenta los registros realizados durante dicho periodo de estudio.

Radiación global promedio mensual medida en la universidad técnica del norte

	N° Días	Heliofanía (h.s.p) INAMHI	Rad. Sol medido UTN (kW/m ²) 2011-2012	E. equivalente (kWh/m ²)
Sep	30	174.3	0.88	5.09
Oct	31	136.1	1.15	5.05
Nov.	30	156.5	0.96	4.99
Dic.	31	168.4	0.89	4.85
Ene	31	72.7	1.90	4.45
Feb.	29	103.1	1.43	5.09
Mar	31	132.2	1.18	5.03

Tabla4. 10: Mediciones de radiación solar UTN
Fuente: Los Autores.

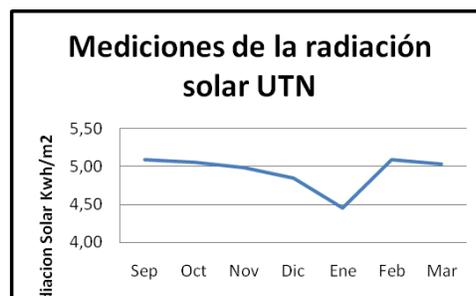


Gráfico4. 10: Radiación solar Ibarra
Fuente: Los Autores

Homologación de datos con respecto al mapa Solar publicado por el CONELEC.

MES	MAPA SOLAR CONELEC (kWh/m ² *día)	MEDICIÓN REAL (kWh/m ² *día)	DIFERENCIA (%)
Sep.	4.7 - 5	5.09	1.77%
Oct.	4.7 - 5	5.05	0.99%
Nov.	4.7 - 5	4.99	0.20%
Dic.	4.7 - 5	4.85	3.09%
Ene	4.7 - 5	4.45	5.32%
Feb.	4.7 - 5	5.09	1.77%
Mar	4.7 - 5	5.03	0.60%

Tabla4. 11: Cuadro comparativo entre las mediciones realizadas y el CONELEC.
Fuente: Mapa Solar - CONELEC.

Según los resultados obtenidos se establecen diferencias entre el 0 – 6% que son variaciones aceptables , como se ve en el mes de Noviembre existe una diferencia del 0.2% que prácticamente se ajusta al valor del mapa solar del Ecuador, en cambio los otros meses tienen una diferencia un poco mayor pero se encuentran en un rango aceptable al mapa solar del Ecuador en relación a los valores medidos, esto se debe a que las mediciones del mapa solar tienen una escala grande en cuanto a su rango de especificación de la radiación solar.

4.6. Elección del sistema a implementarse.

Una vez realizado el análisis respectivo y procesamiento de datos para la elaboración del trabajo, se procede a la elección del sistema solar fotovoltaico que se lo plantea en el estudio, sintetizando de acuerdo a los tipos de requerimientos que mejor le convengan a la facultad y a la población en general, quedando establecido por análisis, recopilación de información y procesamiento de datos lo que instituye a buscar la mejor opción que se adapta a nuestro estudio es la generación fotovoltaica acoplada a red de distribución eléctrica de la empresa suministradora, debido a que en nuestro país el valor de generación de este tipo se encuentra en un valor significativo el cual se verá reflejado una utilidad a lo largo de la vida del sistema.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La energía solar fotovoltaica tiene diversas ventajas, estas van desde lo ambiental hasta lo económico. Las ventajas ambientales que podemos citar son la no contaminación, el no consumo de combustibles, la no generación de residuos, la no producción de ruidos y algo que es muy importante la energía solar es inagotable. Como ventajas económicas tenemos la fácil instalación, el bajo mantenimiento, la vida útil prolongada, y la resistencia a condiciones climáticas extremas.

Los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica son de fácil instalación, y a pesar de que su inversión inicial es elevada, se ve recompensada ya que el promedio de vida útil del sistema supera los 25 años.

La implementación del sistema de generación eléctrica fotovoltaica en el laboratorio de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, ayudará a que los estudiantes de la especialidad adquieran conocimiento de las energías renovables y además realicen pruebas de funcionamiento.

Para las zonas rurales del Ecuador donde las empresas eléctricas de distribución no lleguen con el servicio, los sistemas de generación fotovoltaica son una alternativa para abastecer el suministro eléctrico.

5.2. Recomendaciones

Considerando las características técnicas de los equipos, y las condiciones meteorológicas de nuestro medio en especial en la universidad técnica del norte, es necesario realizar un monitoreo de funcionamiento del sistema instalado a efecto de optimizar y garantizar la continuidad de la generación.

Impartir los fundamentos de los sistemas fotovoltaicos, para futuras implementaciones en nuestra casona universitaria y en nuestro país, aportando a un sistema ecológico que en la actualidad mundial es una de las necesidades fundamentales que se deben aplicar, para el bienestar de todos los seres vivos.

Incentivar este tipo de proyectos, a nivel regional para satisfacer el déficit energético en las zonas más remotas de nuestro país.

Concientizar a la sociedad en general que la implementación de sistemas fotovoltaicos, son fuentes alternativas que dan soluciones integras con beneficios particulares y sociales que deberían ser aprovechados.

Se recomienda instalar el sistema en lugares seguros y sin obstáculos que impidan un normal funcionamiento, evitando con esto que se asiente suciedades en la cubierta o en el panel.

CAPITULO VI

6. Propuesta tecnológica

6.1. Tema:

DISEÑO INTEGRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA DE LA FECYT, CONECTADO A LA RED E IMPLEMENTACIÓN DE UN DEMOSTRATIVO CON SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EL TALLER ELÉCTRICO DURANTE EL AÑO 2012.

6.2. Justificación

Las condiciones del mundo actual demanda de un reto de cambios, él cual se acoge al compromiso con la sustentabilidad que propone la Universidad Técnica del Norte, se dispuso buscar y emprender las nuevas tendencias tecnológicas en generación eléctrica demostrando a nuestra comunidad universitaria y de especialidad que nos encontramos en una zona privilegiada para imponer nuevas tecnologías energéticas, que hoy en día sería de gran ayuda a nivel de conservación ambiental ya que estas energías son llamadas puras y libres de contaminación, que su principal recurso es la radiación inagotable del sol.

El modelo implementado en el Taller de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte tendrá como principales beneficiados a los estudiantes y docentes que desempeñan su actividad cotidiana.

6.3. Fundamentación

El trabajo que realizado es para conocer cómo podemos aprovechar las condiciones geográficas de donde nos encontramos ubicados y fomentar a

los compañeros las ideas de imponer nuevas tecnologías dando un realce de concientización y comprometernos en ser parte del cambio que el mundo lo tiene como un reto apoyándonos en estos tipos de generación eléctrica renovable que resultan ser mucho más amigables con el ambiente y a futuro serán quienes replacen a los sistemas tradicionales de generación que actualmente en el Ecuador y alrededor del mundo aún son las principales fuentes de energía, con esta iniciativa de carácter tecnológico quedara plasmada una de las muchas formas de generación y de fácil adaptación de nuestro medio.

6.4. Objetivos

6.4.1 Objetivo general

- Diseñar un formato de generación eléctrica fotovoltaico conectado a red, de la demanda energética de la FECYT, e implementación de un demostrativo.

6.4.2 Objetivos específicos

- Fomentar el uso de la energía alternativa mediante Paneles Solares.
- Realizar estudios, para la adecuada generación eléctrica fotovoltaica en nuestro medio como una alternativa energética.
- Implementación de un demostrativo en taller eléctrico.

6.5. Desarrollo de la propuesta

Una vez realizada la medición de la demanda energética de la facultad se obtuvo el siguiente resultado, de potencia pico 35.36 KW este valor se lo aproximó a 40 KW para realizar el respectivo diseño.

6.5.1. Dimensionamiento del sistema conectado a la red.

Panorama General Del Proyecto:



Gráfico 6. 1 Ubicación del proyecto FV
Fuente: Google Earth Satelital.

Ubicación el lugar del proyecto se encuentra en:

X: 821459,347

Y: 10039547,459

17 Sur.

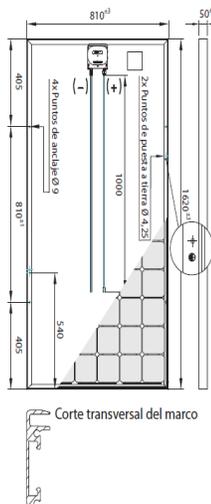
La instalación se la proyecta en la UTN, campus de la cancha sintética de futbolito ubicado en la parte posterior de la facultad de Educación Ciencia y Tecnología. Los paneles serán ubicados en el techo de mencionada estructura con una modificación para el aseguramiento de los paneles solares que deben ser sujetas a la misma, como se puede observar en la gráfica satelital no tiene construcciones altas o árboles que pueden provocar sombra. Se dispone un área para la implementación del proyecto de 1550 m², con características geométricas rectangulares.

6.5.2. Placas Solares.

En el caso de las placas monocristalinas SCHOTT, el fabricante garantiza una tolerancia del $\pm 4\%$ lo cual proporciona una regularidad, estabilidad y fiabilidad de la instalación. Además el fabricante puede asegurar en los primeros 12 años un rendimiento mayor o igual al 90% y hasta los 25 años un rendimiento del 80%. Por lo tanto, pasado los doce años la placa fotovoltaica podría suministrar entre 166.5 Wp y 172.05 Wp.

Este proyecto dispondrá de las placas solares de las características que se detallan a continuación:

Datos técnicos				
Datos bajo condiciones estándar de prueba (STC)				
Tipo de módulo SCHOTT MONO®		≥ 180	≥ 185	≥ 190
Potencia nominal [Wp]	P _{mpp}	180	185	190
Tensión nominal [V]	U _{mpp}	36,2	36,3	36,4
Corriente nominal [A]	I _{mpp}	4,97	5,10	5,22
Tensión en circuito abierto [V]	U _{oc}	44,8	45,0	45,2
Corriente de cortocircuito [A]	I _{sc}	5,40	5,43	5,46
Eficiencia del módulo (%)	n	13,7	14,1	14,5
STC (1000 W/m ² , AM 1,5, temperatura de la célula 25°C)				
Clasificación de potencia positiva: -0 W / +4,99 W				
Coefficientes de temperatura				
Potencia [%/K]	P _{mpp}	-0,44		
Tensión en circuito abierto [%/K]	U _{oc}	-0,33		
Corriente de cortocircuito [%/K]	I _{sc}	+0,03		
Características				
Células solares por módulo		72		
Tipo de célula solar		monocristalina (125 mm x 125 mm, pseudo-cuadrada)		
Conexión		IP65 con 3 diodos de derivación		
Conectores		Conectores Tyco IP67		
Dimensión de caja de conexiones [mm]		110 x 115 x 25		
Cobertura frontal		Vidrio solar con poco hierro 3,2 mm		
Recubrimiento posterior		Lámina multicapa		
Material del marco		Aluminio anodizado, negro		
Dimensiones y pesos				
Dimensiones [mm]		1.620 x 810		
Grosor [mm]		50		
Peso [kg]		15,5		
Valores límite				
Tensión máx. admisible [VDC]		1000		
Máx. corriente de retorno IR [A]*		17		
Temperatura admitida por el módulo [°C]		-40 ... +85		
Carga máx. (según IEC 61215 ed. 2)		presión: 5.400 N/m ² ó 550 kg/m ²		
		succión: 5.400 N/m ² ó 550 kg/m ²		



Corte transversal del marco

Todos los datos en mm

Clase de aplicación (según IEC 61730)	A	
Clase de prevención incendio (según IEC 61730)	C	
Los módulos están certificados y homologados según IEC 61730 y IEC 61215 ed. 2,		
SCHOTT Solar está certificada y registrada bajo los estándares ISO 9001 e ISO 14001.		
Precisión de medida de la potencia nominal $\pm 4\%$.		
Todos los datos se adaptan a la norma EN 50380.		

Tabla 6. 1: Datos técnicos Módulo de capa fina con células monocristalinas.
Fuente: schott mono Data sheet

6.5.3. Inversor

El inversor es la pieza clave de la generación fotovoltaica. De hecho su potencia es la que marca la potencia de la instalación completa. Su misión es transformar la tensión y corriente continua generada en el campo fotovoltaico en tensión y corriente alterna lista para ser consumida. A pesar de esa importante misión su tamaño es reducido y su precio no suele llegar al 10% del presupuesto del material fotovoltaico en base al desglose unitario por vatio pico de los costes de instalación estandarizados y según mercado, de un proyecto de características similares.

Sin embargo es preciso seleccionar un equipo que cumpla con todas las medidas de seguridad que exige la legislación, que disponga de los correspondientes certificados y homologaciones, y que tenga el mayor rendimiento.

El inversor también incorpora una serie de protecciones, tanto para la instalación solar como para la red eléctrica.

Como toda la energía pasa por el inversor, es habitual que incorporen también tarjetas o elementos de comunicaciones que informan acerca del estado de la instalación, de la energía generada o que generan alarmas en caso de averías o mal funcionamiento.

Se tiene la posibilidad de hacer una selección de un inversor que cubra los 40kW de entrada en conjunto, o seccionar en varios inversores, como por

ejemplo usar 2 inversores de 20 kW para prevenir futuras averías. En este caso se parte de una gran ventaja para seleccionar varios inversores el elemento más influyente para posibles averías, la temperatura, no afecta directamente a los inversores en vista que estarán instalados en el interior de un cuarto de operaciones y con posibilidad de refrigeración.

Un factor determinante a la hora de seleccionar el inversor viene dado por el coeficiente de rendimiento, que determina el porcentaje de rendimiento de la potencia entregada en la salida del inversor respecto la potencia de salida nominal. Este coeficiente de rendimiento ronda el 96% mayoritariamente en el mercado.

Datos de entrada CC fotovoltaica

Modelo	ISMG 3 15	ISMG 3 20
Potencia nominal CC	15,75kW	21kW
Potencia máxima CC	17,3kW	23,1kW
Voltaje nominal	630V	
Voltaje máximo CC	850V	
Voltaje mínimo CC (P _{nom})	400V	
Gama de voltaje PMP	400...850V	
Corriente máxima CC por cada cadena	2 x 21,6A (43,2A)	2 x 28,9A (57,8A)
Corriente nominal CC por cada cadena	2 x 19,7A (39,4)	2 x 26,25A (52,5A)
Número de seguidores PMP	2	
Número de cadenas	2	
Protección contra el sobrevoltaje	Sí	

Datos de salida CA

Modelo	ISMG 3 15	ISMG 3 20
Potencia nominal CA	15kW	20kW (19,99kW)**
Potencia máxima CA	16,5kW	22kW
Factor de potencia	> 0,99% @ Potencia nominal	
Factor de distorsión (THD)	< 5%	
Conexión a la red	Sinusoidal real equilibrada, trifásica	
Gama de voltaje CA	3 x 400Vca (320÷460Vca) con ajustes de interfaz programables según lo recomendado nacional	
Corriente nominal CA	21,8A	29A
Corriente máxima CA	28,2A	31,9A (31,88A)**
Gama de frecuencia	50Hz÷60Hz con ajustes de interfaz programables según lo recomendado nacional	

** este límite es específico para la versión IT (según la norma DK5940)

Características generales

Modelo	ISMG 3 15	ISMG 3 20
Eficiencia máxima	96,7%	97%
Eficiencia UE	95,5%	96%
Eficiencia	refiérase a los diagramas	
Consumo nocturno	1W	
Dispositivo de protección	Sistema de monitoreo de la red (valores según los ajustes nacionales)	
Monitoreo Anti-islanding	Sí	
Monitoreo de la red	Protección de interfaz integrada con ajustes nacionales programables	

Datos ambientales

Modelo	ISMG 3 15	ISMG 3 20
Temperatura de funcionamiento con reducción de potencia > 50°C	-25°C...+60°C / -13°F...140°F	
Temperatura máxima aceptable @ P _{nom}	+50°C / 126°F	+45°C / 121°F
Temperatura de almacenamiento	-25°C...+70°C / -13°F...158°F	
Humedad	0...95% (sin condensación)	
Control de la temperatura	Control automático de la temperatura por medio de software	
Refrigeración	Ventiladores integrados con funcionamiento controlado por software	
Grado de protección	IP 55 (con arreglo a la DIN EN60529)	
Ubicación de montaje	Al aire libre / en el interior	
Nivel de ruido	< 50dB	< 55dB

Normas estándares y Certificación

Modelo	ISMG 3 15	ISMG 3 20
Estándar de seguridad	EN50178	
Capacidad EMC	EN61000-3-2, EN61000-3-3 EN61000-3-11, EN61000-3-12 EN61000-6-2, EN61000-6-3	
Ajustes de monitoreo de la red	EN VDE0126-1-1 - ES RD 1663/2000 IT DK5940 Ed. 2.2 de abril de 2007 - DE VDE0126-1-1 - FR VDE0126-1-1	

Tabla 6. 2: Inversores solares Carlo Gavazzi
Fuente: Inversor Solar Trifásico 15 kW a 20 kW.

6.5.4. Dimensionamiento del Módulo Fotovoltaico

- Número máximo de módulos por ramal.

Tomando la ecuación 2.1 Que se ubica en el capítulo 2 pasamos a dimensionar los números de ramales que irán conectados en el diseño para la cual deberemos tomar en cuenta los datos técnicos de los paneles y el inversor.

$$Nm_{\max} = \frac{Um_{\max}(inv)}{Uca}$$

$$Nm_{\max} = \frac{850}{45} = 18.88$$

- Número mínimo de módulos por ramal.

El número mínimo de módulos por ramal viene limitado por la tensión mínima de entrada del inversor. Según la ecuación 2.2 del capítulo 2 tenemos que:

$$N_{\text{mín}} = \frac{U_{\text{pmp}}(\text{inv})}{U_{\text{pmp}}}$$

$$N_{\text{mín}} = \frac{400}{36,3} = 11.01$$

En vista a los cálculos realizados se observa que se puede colocar desde 11.01 a 18.88 módulos fotovoltaicos en serie; así que se toma un valor medio para el diseño de la central de 15 módulos en serie.

- Número de ramales en paralelo

En el dimensionamiento que a continuación detallaremos se tomó como referencia las ecuaciones 2.3, 2.4, 2.5 citadas en el capítulo 2. Aquí la corriente continua máxima admisible al inversor, corresponderá a la corriente en cortocircuito (I_{cc}) multiplicado por el número de paneles fotovoltaicos instalados en paralelo.

$$N_{\text{ramales}} = \frac{P_{\text{pmp}, \text{fv}}}{P_{\text{pmp}, \text{ramal}}}$$

La potencia pico del generador FV es el cociente entre la potencia de salida del inversor y el producto del rendimiento medio del panel fotovoltaico y el rendimiento del inversor.

$$P_{\text{pmp}, \text{fv}} = \frac{P_{\text{ca}}(\text{inv})}{\eta_{\text{inv}} * \eta_{\text{p}}}$$

η_{p} : Rendimiento medio del panel fotovoltaico, en este caso 0,9.

η_{inv} : Rendimiento del inversor que es 0.98

$$P_{pmp, fv} = \frac{20 \text{ kW}}{0.96 * 0.9} = 23.14 \text{ kW}$$

El punto de máxima potencia del ramal sería el número de paneles por la potencia pico.

$$P_{pmp, ramal} = n * P_{pmp}$$

$$P_{pmp, ramal} = 15 * 185 = 2.775 \text{ kW}$$

$$N_{ramales} = \frac{P_{pmp, fv}}{P_{pmp, ramal}}$$

$$N_{ramales} = \frac{23.14 \text{ kW}}{2.775 \text{ kW}} = 9$$

Este número de ramales debe cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo sea menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor. Matemáticamente se determina mediante la ecuación 2.6:

$$N_{ramales} * I_{cc, ramal} \leq I_{m\acute{a}x, inv}$$

$$9 * 5.43 = 48.87 \text{ A} \leq 57.8 \text{ A}$$

En el diseño del sistema fotovoltaico:

Se deberán instalar 270 paneles Schott, de 185 Wp de potencia cada uno, conectando 15 paneles en serie, hasta un total de 9 filas por cada inversor y se conectarán a 2 inversores Carlo Gavazzi.

6.5.5. Dimensionamiento del inversor

A continuación se tiene que dimensionar el número de inversores a instalar, utilizando la ecuación 2.7 ubicada en el capítulo 2 tenemos que:

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{P_{\text{proyecto}}}{P_{\text{ca(inv)}}}$$

$$N^{\circ} \text{ de inverores} = \frac{40 \text{ kW}}{20 \text{ kW}} = 2$$

Para cubrir el total de la potencia instalada se utilizarán 2 inversores de 20 kW.

6.5.6. Cableado

Para el dimensionamiento de los seccionamientos del cable se tomó en cuenta, la ecuación 2.8 del capítulo 2 para en CC y en AC trifásica.

- Interconexión paneles c.c. de un ramal.

$$S = \frac{2 * l * I_{cc}(STC) * 0.0178}{1\% * U_{pmp}(STC)}$$

$$S = \frac{2 * 0.5 * 5.43 * 0.0178}{1\% * 36.3} = 0.27 \text{ mm}^2$$

Se utiliza la sección normalizada inmediatamente superior unifilar de 2.08 mm² por seguridad, cuya corriente máxima admisible es de 18 A, que es más que suficiente, ya que la corriente nominal del ramal es de 5.1 A.

- Red de BT en C.C desde los paneles solares al inversor.

Estimación inicial de la sección mediante la limitación de la caída de tensión a 3%:

$$S = \frac{2 * L * I * 0.0178}{\Delta V\%}$$

$$S = \frac{2 * 70 * 5.1 * 9 * 0.0178}{3\% * 36.3 * 15} = 7 \text{ mm}^2$$

También en este caso se toma una sección normalizada de 13.3 mm² que es equivalente al cable AWG N°6.

- Dimensionamiento del cable de CA de un inversor a la caja de conexión.

$$S_{ca} = \frac{\sqrt{3} * Lca * In(inv) * 0.0178 * Cos\varphi}{3\% * Un}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 5 * 29 * 0.0178 * 0.9}{3\% * 400} = 0.33mm^2$$

Se utiliza la sección normalizada inmediatamente superior unifilar de 8.37 mm² por seguridad, cuya corriente máxima admisible es de 40 A que es equivalente al cable AWG N°8.

- Dimensionamiento del cable de CA de la caja de conexiones al centro de transformación.

$$S_{ca} = \frac{\sqrt{3} * Lca * In * 0.0178 * Cos\varphi}{3\% * Un}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 5 * 58 * 0.0178 * 0.9}{3\% * 400} = 0.67$$

Se utiliza la sección normalizada inmediatamente superior unifilar de 21.15 mm² por seguridad que es equivalente al cable AWG N°4.

- Red de MT en C.A.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U_p * cos\varphi}$$

$$I = \frac{40,000}{\sqrt{3} * 13,800 * 0,9}$$

Siendo:

P: Potencia del centro transformador [kVA]

U_p : Tensión primaria [kV]

Dado que la potencia máxima a transportar para esta línea es de 40kW y la tensión primaria de inyección a red en de 13,800 V, se tiene una intensidad a transportar de 1.85 A, se debe tomar en cuenta las propiedades eléctricas, mecánicas y químicas por lo tanto se ha escogido el conductor TTU 2 para la conexión con el sistema de distribución de la EMELNORTE.

6.5.7. Cuadro de resumen del diseño de la central solar fotovoltaica

FÓRMULAS DE CÁLCULO	DATOS DE ENTRADA	RESULTADOS
NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS POR RAMAL CONECTADOS EN SERIE. $Nm_{\max} = \frac{Um_{\max}(inv)}{Uca}$	$Um_{\max}(inv) = 850 V$ $Uca = 45 V$	$Nm_{\max} = 18.88$
NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS POR RAMAL CONECTADOS EN SERIE. $Nm_{\min} = \frac{Upmp(inv)}{Upmp}$	$Upmp(inv) = 400$ $Upmp = 36,3 V$	$Nm_{\min} = 11.01$ Se toma un valor medio para el diseño: $n = 15$ módulos fotovoltaicos en serie.
NÚMERO DE INVERSORES $N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{P_{proyecto}}{Pca(inv)}$	$P_{proyecto} = 40 kW$ $Pca(inv) = 20 kW$	$N^{\circ} \text{ de inversores} = 2$
NÚMERO DE RAMALES EN PARALELO: La potencia pico del generador FV: $Ppmp, fv = \frac{Pca(inv)}{\eta_{inv} * \eta_p}$	$Pca(inv) = 20kW$ $\eta_{inv} = 0.98$ $\eta_p = 0.9$	$Ppmp, fv = 23.14kW$
El punto de máxima potencia del ramal: $Ppmp, ramal = n * Ppmp$	$n = 15$	$Ppmp, ramal = 2.775kW$

$N_{ramales} = \frac{P_{pmp, fv}}{P_{pmp, ramal}}$ <p>La corriente continua máxima admisible al inversor, corresponderá a la corriente en cortocircuito (I_{cc}) por el número de paneles fotovoltaicos instalados en paralelo.</p>	$P_{pmp} = 185$ $P_{pmp, fv} = 23.14 \text{ kW}$ $P_{pmp, ramal} = 2.775 \text{ kW}$	$N_{ramales} \sim 9$
<p>Criterio de evaluación:</p> $N_{ramales} * I_{cc, ramal} \leq I_{max, inv}$	$N_{ramales} = 9$ $I_{cc, ramal} = 5,43$	$48.87A < 57.8A$ Cumple con la condición de evaluación.
<p>CABLEADO</p> <p>INTERCONEXIÓN PANELES RAMAL C.C:</p> $S = \frac{2 * l * I_{cc}(STC) * 0.0178}{1\% * U_{pmp}(STC)}$	$l = 0.5 \text{ m}$ $I_{cc}(STC) = 5.43 \text{ A}$ $U_{pmp}(STC) = 36.3 \text{ V}$	$S = 0.27 \text{ mm}^2$ Se utiliza la sección normalizada 2.08 mm ² por seguridad, cuya corriente máxima admisible es de 18 A, suficiente ya que la corriente nominal del ramal es de 5.1 A.
<p>RED DE BT EN C.C.</p> $S = \frac{2 * L * I * 0.0178}{\Delta V\%}$	$l = 70 \text{ m}$ $I = 5,43 \text{ A}$ $\Delta V\% = 3\%$ Considerando: $n = 15$ $N_{ramales} = 9$	$S = 7 \text{ mm}^2$ Tomamos una sección normalizada de: $S = 13.3 \text{ mm}^2$
<p>CABLE DE CA INVERSOR CON CAJA DE CONEXIONES</p> $S_{ca} = \frac{\sqrt{3} * L_{ca} * I_n(inv) * 0.0178}{3\% * U_n}$	$L_{ca} = 5 \text{ m}$ $I_n(inv) = 29 \text{ A}$ $\cos\phi = 0,9$ $U_n = 400 \text{ V}$	$S = 0.33 \text{ mm}^2$ Tomamos una sección normalizada de: $S = 8.37 \text{ mm}^2$
<p>CABLE DE CA CAJA DE CONEXIONES CON EL CENTRO DE TRANSFORMACION</p> $S_{ca} = \frac{\sqrt{3} * L_{ca} * I_n(inv) * 0.0178 * \cos\phi}{3\% * U_n}$	$L_{ca} = 5 \text{ m}$ $I_n(inv) = 58 \text{ A}$ $\cos\phi = 0.9$ $U_n = 400 \text{ V}$	$S = 0.67 \text{ mm}^2$ Tomamos una sección normalizada de: $S = 21.15 \text{ mm}^2$
<p>RED DE MT EN C.A.</p> <p>La intensidad trifásica:</p> $I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\phi}$	$P = 40 \text{ kW}$ $U = 13.8 \text{ kV}$ $\cos\phi = 0.9$	$I = 1.85 \text{ A}$ Tomando en cuenta las condiciones técnicas, se ha escogido el conductor 2 para la conexión con el sistema de distribución.

INICIO	FIN	L (m)	SECCIÓN (mm ²)	SECCIÓN (AWG - MCM)
Placa fotovoltaica (i)	Placa fotovoltaica (j)	0.5	2x2.08	2x14 AWG
Placas fotovoltaicas(ij)	Inversor	70	2x13.3	2x6 AWG
Inversor	Caja de conexión	5	3x8.37+1X	3x8 AWG+1X10 AWG
Caja de conexión	Centro Transformación	5	3x13.3+1x8.37	3x4 AWG+1x6 AWG

Tabla 6. 3: Resumen del cableado de la instalación Fuente: Los Autores.

6.5.8. Calibración de equipos de protección.

Para la calibración de las protecciones a continuación se indicará las diferentes corrientes en Amperios que se tiene en cada punto de la Central Solar Fotovoltaica y se calibrara sus respectivas protecciones.

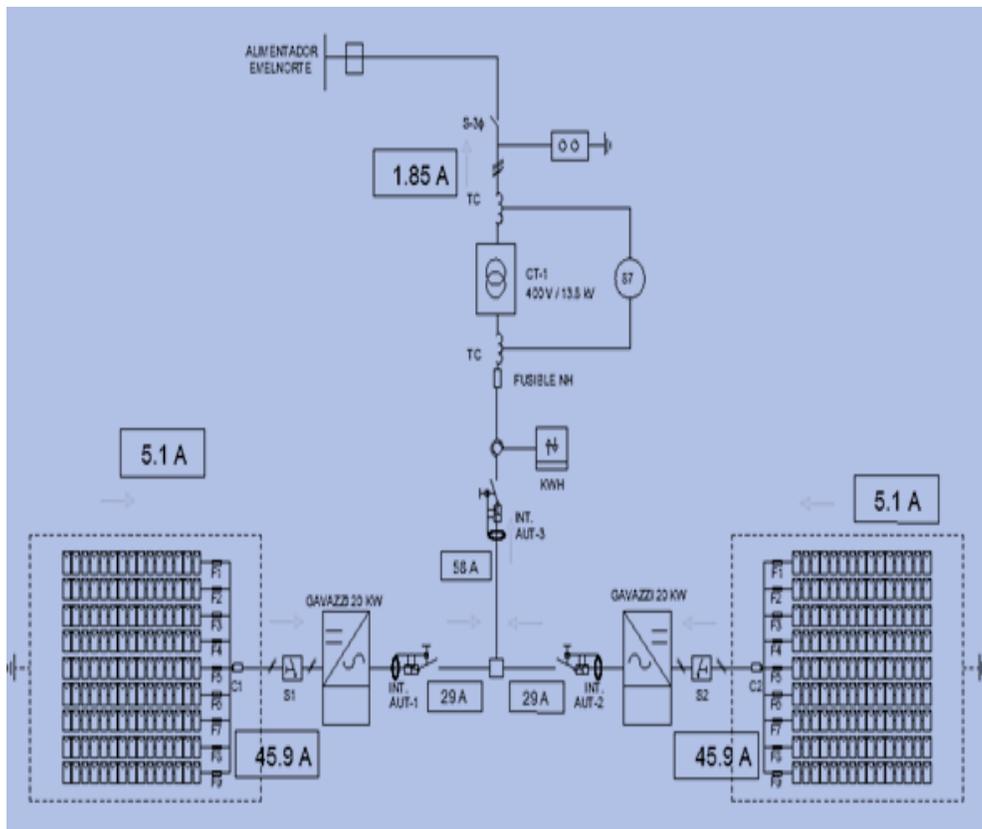


Gráfico 6. 2: Diagrama de corrientes de la CSFV Fuente: Los Autores.

6.5.8.1. Fusible:

$$F = 1.15 * I_1$$

$$F = 1.15 * 5.1 = 5.864 \sim 6^a$$

Los fusibles tienen como función principal intercalarse en un punto determinado de la instalación eléctrica para que se funda en un período de tiempo determinado, cuando la intensidad de corriente supere; por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el siguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

A continuación de cada grupo de 15 paneles en serie se instalará un fusible tipo gG de 6 A de intensidad nominal y otro de las mismas características justo a la entrada de la caja exterior de conexión para proteger los conductores de 2.08 mm².

6.5.8.2. Interruptor Automático CC:

$$S = 1.2 * I_2$$

$$S = 1.2 * 45.90 = 55.08 \text{ A} \sim 60\text{A}$$

Un interruptor termomagnético, o disyuntor termomagnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos.

Con la finalidad de proteger la instalación de baja tensión a la salida del inversor de sobre intensidades y sobretensiones se colocará un interruptor automático tetrapolar de 60 A de intensidad nominal, y poder de corte 25 kA, trabajando con curva de disparo C.

6.5.8.3. Interruptor Diferencial Automático Magneto térmico:

$$S_{ca} = 1.2 * I_3$$

$$S_{ca} = 1.2 * 29 = 34.8A \approx 40 A$$

Con el interruptor diferencial se puede interrumpir el suministro de energía eléctrica cuando esta se deriva al conexionado a tierra en una cantidad superior a 300 mA, evitando que esta corriente aumente y ponga en peligro la vida de una persona.

Puesto que la tensión de defecto máxima por norma no puede superar los 50 V, si se calibra el diferencial a 300 mA, la resistencia de tierra no puede superar los 166 Ω . Se colocará un interruptor automático con una protección diferencial asociada, con sensibilidad ajustada a 300 mA tetrapolar, cuya corriente nominal es 40 A, poder de corte 25 kA y 400 VAC.

6.5.8.4. Fusible NH:

$$F = 1.15 * I_4$$

$$F = 1.15 * 58 = 66.7A \approx 75A$$

NH en BT.

Con la finalidad de proteger la instalación de baja tensión a la salida del centro de transformación de sobreintensidades y sobretensiones se deberá colocar 3 fusibles NH de 75 A de intensidad nominal, 400 V de tensión nominal y poder de corte 50 kA, trabajando con curva de disparo C.

6.5.8.5. Fusible en MT

Mediante el programa CYMTCC 4.0 de coordinación de protecciones se determina que el fusible en MT deberá ser un tipo Slofast 1.0 a 13.8 KV para proteger la central eléctrica contra posibles cortocircuitos, y así cumplir con las restricciones de la empresa eléctrica.

6.5.8.6. Transformador de fuerza.

Servirá para la conexión entre la GEF y el circuito S2 de media tensión de la empresa eléctrica, tomando en cuenta las normas estandarizadas de la empresa eléctrica dispone, el cual según la normativa el trafo será de 45 KV.

6.5.8.7. Apartamento eléctrica

- Seccionadores.- El sistema fotovoltaico dispondrá de sus seccionadores porta fusibles para protecciones en AC en media Tensión con su respectivo fusibles 1.0 Slofast para poseer una óptima protección y coordinación con el sistema eléctrico.
- El Pararrayos.- El sistema contara con un sistema de protección contra descargas atmosféricas, el cual contara con pararrayos ionizante para la descarga directo a tierra.
-
- Puesta a tierra.- La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica, será independiente que no intervenga al sistema de aterramiento de la empresa distribuidora, para evitar fallos en el sistema por lo se deberá cumplir con la normativa UNE 21186, nos dice que los conductores de equipo unen las masas o electrodos interiores a una barra colectora fabricada y dispuesta que permita una desconexión fácil para su comprobación, el sistema de tierra deberá ser instalado y medido con los sistemas convencionales lo más bajo posible (inferior a 10 ohm), se deberá medir la tierra independiente y aislada de todo otro elemento de naturaleza conductora.

Para esta instalación se recomienda el uso de electrodos de 1,8m unidos con cable 2/0 AWG interconectadas con suelda exotérmica.

6.6. Presupuesto del proyecto

Para la estimación del presupuesto sobre costo en la inversión de la nueva central de generación eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica se procede a estimarlo a partir de un estudio de prefactibilidad realizado en proyectos similares el costo por Kw instalado es de 4000 a 5000 USD, para la selección de tecnología de generación, también se debe sumar el costo de las obras complementarias de la subestación eléctrica incluido el costo del área del terreno del proyecto.

Con esta información se procede a realizar los cálculos pertinentes para establecer el costo en la inversión de este Proyecto Solar Fotovoltaica, como se indica a continuación:

		CANT	UNI	PRECIO \$	
SUMINISTROS & EQUIPOS					109950
	MÓDULOS FV	285	U	76950	
	INVERSORES	2	U	23000	
	TRANSFORMADOR	1	U	10000	
CABLEADO					15000
	CONEXIÓN ENTRE PANELES, INVERSORES, CAJA DE CONEXIONES, ATERRAMIENTO, ETC.		m		
ELEMENTOS DE PROTECCION & MEDIDA					5000
	FUSIBLES, SECCIONADORES, INTERRUPTORES, PARARRAYOS, PUESTA A TIERRA, ETC.		U		
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
	REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL COLISEO				15000
TOTAL					144950
MONTAJE DE PANELES E INVERSORES & MANO DE OBRA		20%			28990
TOTAL PROYECTO					173940

Tabla 6. 4: Detalle del presupuesto
Fuente: Los Autores.

En consecuencia, se establece un Presupuesto estimado del Proyecto Solar Fotovoltaico, por un Monto Total de \$ 173940 para 40kVA de potencia neta (En terminales de alto voltaje de los transformadores de elevación).

El 20% de montaje y mano de obra se justifica debido que se debe realizar monitoreo cada elemento de la instalación y fiscalización continua desde el inicio de la obra hasta el momento en que se conecte al sistema de Emelnorte S.A.

6.6.1. Análisis Económico

El objetivo es estudiar la viabilidad económica sobre la implementación de proyecto Solar Fotovoltaico. La viabilidad comercial de producción de energía solar fotovoltaica está influenciada por costos de inversión, costos de operación & mantenimiento, potencia & energía generada y el precio medio de energía eléctrica.

6.6.2. Inversión y financiamiento.

La estimación de los montos de inversión, se realiza para una potencia de referencia, equivalente a 40 kW. La programación para la implementación del proyecto será de 6 meses en el que se considera: el montaje de los equipos propios de la central y del sistema de distribución de EMELNORTE y un periodo de pruebas de funcionamiento antes de la operación en el sistema.

El Financiamiento de la Inversión será totalmente cubierto con fondos propios de la Universidad Técnica del Norte (UTN).

6.6.3. Supuestos financieros (Flujo de caja)

El Flujo de Caja es simplemente un informe financiero que muestra los flujos de ingreso y egreso de efectivo que ha obtenido el proyecto, para el escenario base donde se considera que los proyectos corresponderán a centrales despachadas en forma continua.

6.6.4. Flujo De Ingresos

El flujo de ingresos es valorado a través de la producción anual de energía de la central estimado con un factor de potencia de 0.9 y el precio medio de energía considerado a partir de la regulación 004/11 del CONELEC.

6.6.5. VAN.

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

- V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t .
- I_0 = es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- n = es el número de períodos considerado.
- k = es el tipo de interés o tasa de descuento.

De acuerdo al criterio de aceptación o rechazo de un proyecto se basa en:

- Si $VAN > 0$ Acéptese el proyecto.
- Si $VAN < 0$ Rechácese el proyecto.

6.6.6. TIR

Evalúa el proyecto en función de una tasa única de rendimiento por período con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual, en otras palabras la TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento del proyecto se tomaran prestados y el préstamo se pagara con las entradas de efectivo de la inversión a medida que se fueren generando.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

El TIR se define con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

El criterio de decisión para la aceptación o rechazo de un proyecto es:

- TIR > Tasa de oportunidad (TMAR).
- TIR < Tasa de oportunidad (TMAR).

6.6.7. Costos y gastos del proyecto.

De conformidad con los supuestos se ha determinado para la depreciación: una vida útil de 25 años para el equipo. Los rubros que originan costos de operación, se analizan a continuación:

6.6.8. Costo anual de operación, mantenimiento y administración

La inspección de los paneles solares fotovoltaicos es realizada diariamente por el personal autorizado.

Costo anual de operación, mantenimiento y administración se los considera como gastos anuales fijos e incluye los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo del parque fotovoltaico. Se estima en un 2% de la inversión, pero en el caso de este proyecto Solar Fotovoltaico el mantenimiento será despreciable debido a que no se tendrá banco de baterías para almacenar energía y solo se producirá en el día acorde a las horas de sol pico por lo tanto los costos de operación y mantenimiento se tomaran como el 1% de la inversión.

$$\text{Costo de O\&M} = 1\% * \text{Costo de inversión}$$

$$\text{Costo de O\&M} = 1\% * 173940 = 1739.40\$$$

6.6.9. Energía generada

La potencia bruta generada será de 40 kW. Estableciendo que el promedio de horas de sol pico son 8 horas y con este dato se calcula la energía total anual generada:

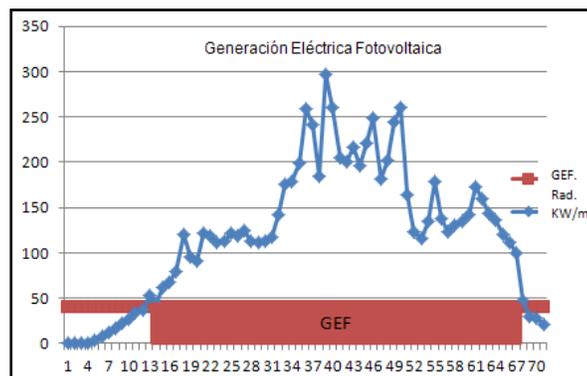


Gráfico 6.3: Generación eléctrica fotovoltaica

Fuente: Los Autores

MES	Nº Días	HORAS SOL	ENERGÍA MENSUAL
-----	------------	--------------	--------------------

		PICO (hsp)	PRODUCIDA (MWh)
ENERO	31	8	9.92
FEBRERO	29	8	9.28
MARZO	31	8	9.92
ABRIL	30	8	9.60
MAYO	31	8	9.92
JUNIO	30	8	9.60
JULIO	31	8	9.92
AGOSTO	31	8	9.92
SEPTIEMBRE	30	8	9.60
OCTUBRE	31	8	9.92
NOVIEMBRE	30	8	9.60
DICIEMBRE	31	8	9.92
		Total E/año	87.68

Tabla 6. 5: Energía Total Anual Generada.
Fuente: Los Autores.

6.6.10. Ingresos operacionales.

Los ingresos de operación se obtienen de la comercialización de la energía renovable generada según la normativa vigente. Los ingresos por la venta de energía han sido estimados manteniendo la política de regulación de los precios de energía del CENACE. Estos ingresos económicos son obtenidos exclusivamente por la venta de la energía generada de la central al precio de mercado.

Los precios a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh, son aquellos indicados en el capítulo 2 en el marco legal en donde se tomó la regulación 004/11 que se encuentra vigente en el CONELEC.

Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2012.

Cumplido el periodo de vigencia indicado en el párrafo inmediato anterior, y hasta que se termine su plazo determinado en el título habilitante de las centrales renovables no convencionales operarán en el sector eléctrico ecuatoriano, con un tratamiento similar a cualquier central de tipo convencional, de acuerdo a las normas vigentes a esa fecha. La Energía a ser entregada a Emelnorte a partir de energía solar fotovoltaica se lo realizara de acuerdo al costo promedio de: 40.03 ctvs USD/kWh Los valores correspondientes a la Energía Despachada se calculan independientemente para cada año para la Empresa Eléctrica Emelnorte, al precio determinado anteriormente.

6.6.11. Energía vendida:

El método de cálculo es simplemente tomando en consideración la energía que se venderá cada año según el estudio de mercado y el precio designado por el CONELEC y se determina a partir de la siguiente relación:

$$\text{Energía vendida} = \text{Energía generada} * \text{Precio de Energía}$$

$$\text{Energía vendida} = 87.68 * \frac{40.03\text{ctvs}}{1 \text{ kWh}}$$

$$\text{Energía vendida} = 35098.3 \$ \text{ año}$$

6.6.12. Cálculo Económico, determinación de índices financieros.

A continuación se presenta el flujo de caja que permite observar el beneficio en cada año de producción mediante la interacción de los egresos e ingresos indicados en todo el proceso de desarrollo.

AÑOS	VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL DE INGRESOS	COSTO O.&M.	TOTAL EGRESOS	FLUJO DE CAJA	SALDO
------	----------------------------	-------------------	-------------	---------------	---------------	-------

0						-173940	
1	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	-140581,10	
2	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	-107222,20	
3	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	-73863,30	
4	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	-40504,40	
5	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	-7145,50	
6	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	26213,40	
7	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	59572,30	
8	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	92931,20	
9	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	126290,10	
10	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	159649,00	
11	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	193007,90	
12	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	226366,80	
13	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	259725,70	
14	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	293084,60	
15	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	326443,50	
16	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	359802,40	
17	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	393161,30	
18	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	426520,20	
19	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	459879,10	
20	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	493238,00	
21	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	526596,90	
22	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	559955,80	
23	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	593314,70	
24	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	626673,60	
25	35098,30	35098,3	1739,4	1739,4	33358,9	660032,50	
					VAN	128860,07	
					TIR	18,927%	

Tabla 6. 6: Flujo de caja para el caso de ingreso por de venta de energía.

Fuente: Los Autores.

Como se observa, el flujo neto efectivo al cabo del periodo de 25 años es de \$ 660547,50 un valor significativo elevado, muy superior a la inversión inicial, logrando una recuperación de la inversión en los 5 primeros años de operación de la central eléctrica fotovoltaica, que es un indicador positivo sobre la viabilidad económica del proyecto.

La figura 6.3 relaciona el saldo neto del flujo de caja con el periodo que comprende la vida útil de la central, mostrando una tendencia relativamente creciente. Si bien al inicio presenta un valor negativo debido al alto costo de

inversión, el aporte sustancial de los ingresos provocará un valor positivo y esto sucede al quinto año que la central se encuentre en operación, que prácticamente correspondería al tiempo necesario para que el proyecto recupere el capital invertido.

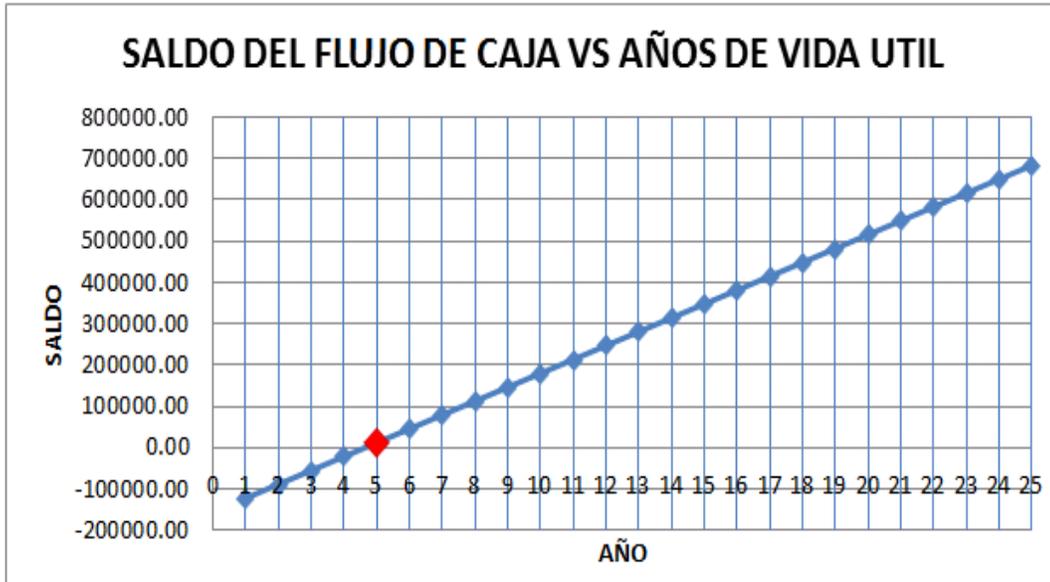


Gráfico 6. 4: Saldo del flujo de caja vs Años vida útil
Fuente: Los Autores

6.6.13. Costos evitados

Para el proyecto Solar Fotovoltaico en estudio se ha estimado que su energía generada será:

$$\text{Energía generada} = 63.24 \text{ MWh}$$

Como el MWh también permite expresar el contenido energético de los combustibles y dentro de los balances de energía una unidad común es la “tonelada equivalente de petróleo” (TEP). Una TEP se define como 10^7kcal .

En energía eléctrica, la conversión a TEP se hace en base a la energía contenida en la electricidad generada, es decir:

$$1\text{MWh} = 0,086 \text{ TEP}$$

De acuerdo a las tablas de conversión se tiene que 1 tonelada equivalente de petróleo corresponde a 7.33 barriles de petróleo. Por lo tanto para generar 63.24MWh se necesitaría 39.87 barriles de petróleo, de acuerdo a los indicadores económicos mostrados en la página web del banco central para el mes de enero del año en curso el barril de petróleo se cotiza en \$101.76.

Es así que el costo evitado, el país se ahorraría anualmente al instalar una Central Solar Fotovoltaica que no utiliza combustibles fósiles siendo amigable con medio ambiente equivaldría a:

$$\text{Costo evitado} = 39.87 * 101.76 = 4056.68 \text{ usd.}$$

6.7. Generación Energética para los próximos años.

La energía solar hoy en día cubre menos del 1% de la demanda energética pero existe suficiente como para mantener a una humanidad de consumistas energéticos 4.000 veces mayor para siempre, es evidente la energía existe pero hay que aprovecharla, y en nuestro país hay bastante, la energía renovable es buena para el planeta y para la economía mundial.

6.7.1. Proyección de la generación eléctrica renovable y no renovable.

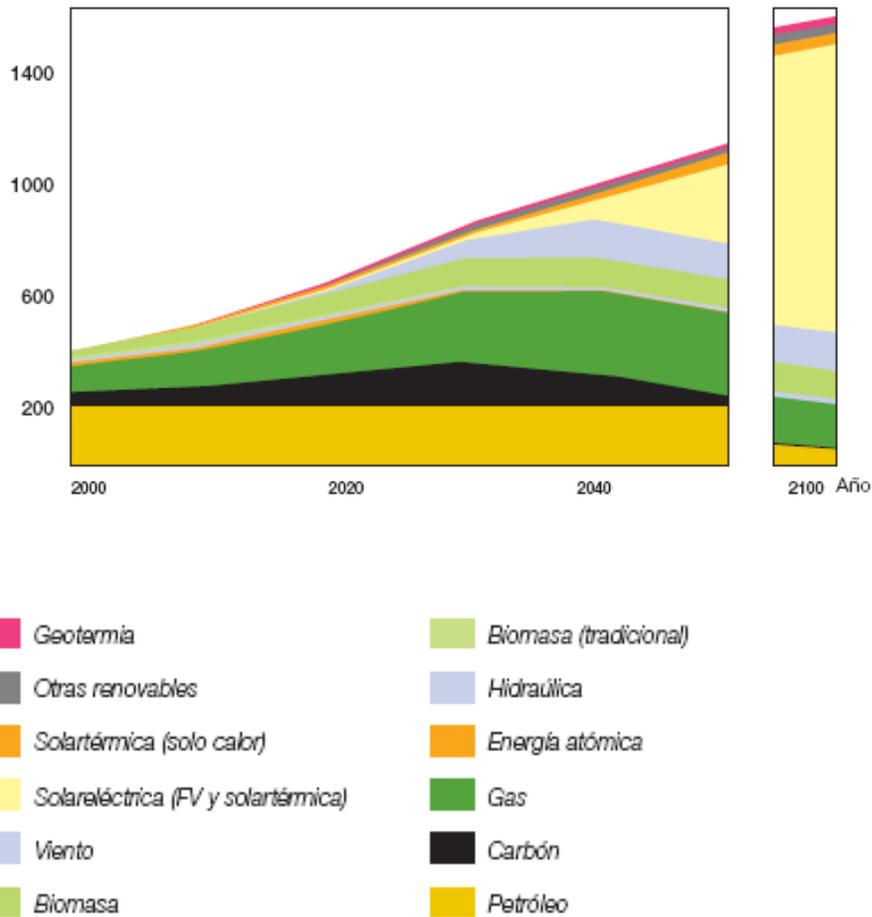


Gráfico 6. 5: Proyección eléctrica fotovoltaica
Fuente: Los autores

La idea futurista es cubrir el 70% de la demanda con energías renovables, y que las energías no renovables cumplan con el 30% de la demanda total ya que estas han tenido un gran papel en la producción de energía pero ya están llegando a su punto máximo, y se debe bajar el porcentaje de contaminación de las mismas.

6.8. Normativa del proyecto fotovoltaico.

Para entrar en operación el sistema fotovoltaico, deberá cumplir con un sin número de documentaciones reglamentadas por parte del CONELEC y la empresa eléctrica Emelnorte.

Por consiguiente se debe seguir el siguiente procedimiento de inscripción mediante la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11. En su literal 4 Requisitos de participación, y REGULACIÓN No. CONELEC – 009/08 en el numeral 3 De los registros el cual autoriza a los proyectos y empresas generadoras cuya capacidad sean menores a 1 MW.

Adicional a esto se debe tramitar en la empresa comercializadora en nuestro caso EMELNORTE, mediante una solicitud dirigida al presidente ejecutivo solicitando permiso de conexión, adjuntando el diseño y memoria técnica del proyecto por lo que EMELNORTE emitirá la correspondiente aprobación o no.

6.9. Implementación del modelo Fotovoltaico demostrativo.

6.9.1. Ubicación

Para la demostración se tomó en cuenta una parte del Taller de electricidad de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico el cual está ubicado junto al edificio de la Escuela de Educación Técnica de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT) perteneciente a la Universidad Técnica del Norte.



Gráfico 6. 6: Edificio de Educación Técnica
Fuente: Los Autores

Características del sistema.

En el Taller se instalaron las siguientes cargas:

- 6 Puntos de luz: 11w por punto (corriente continua, 12V).
- Usos Varios: 1 lámpara fluorescente de $3 \times 17 = 51$ W (CA corriente alterna 110V)

Los tiempos de uso de las cargas por día son:

Puntos de luz: 4 Horas

Usos varios: 4 horas

6.9.2. Características físicas del sistema

Una parte del sistema se construyó con un soporte metálico, se ubicara en la terraza con los receptores solares y respectivos materiales de soporte, es de color beige y tiene una gran resistencia contra los golpes además posee una gran resistencia rígida para el soporte del panel solar, consta del acumulador el cual estará ubicado en la parte interior del taller con su respectivo controlador de carga, el que se encargara de regular la circulación de la energía, luego se contara con un tablero de control en el cual se realizara la conexión de la iluminación y distribución será ON – OFF según sean los requerimientos del personal que utilice el taller.

6.9.3. Diseño del sistema de generación fotovoltaica.

La automatización es un método donde se transfieren tareas de producción y control realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

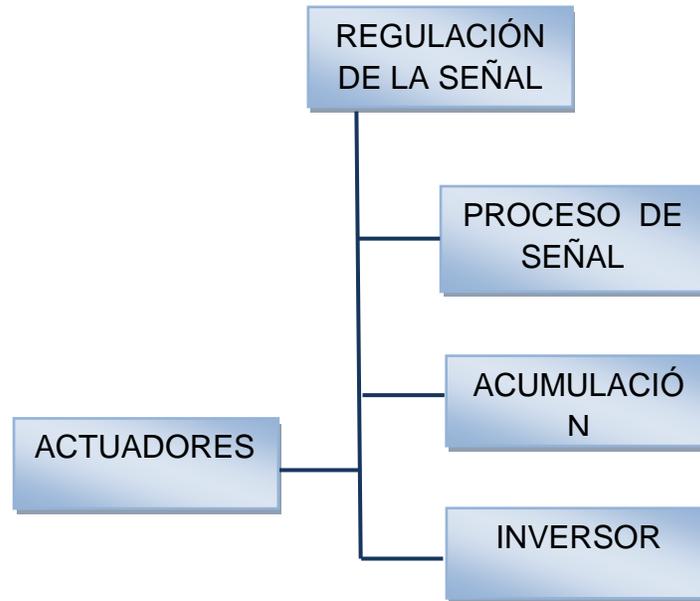


Gráfico 6. 7: Diseño del sistema
Fuente: Los Autores

Entradas: Interruptores, contactos, elementos de selección etc.

Salidas: lámparas de iluminación.

6.9.4. Funcionamiento del sistema

El sistema de energía Fotovoltaica posee un principio de funcionamiento de acuerdo a las necesidades que posea el taller de electricidad de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. Al ingresar al taller en la parte posterior izquierda, se instaló el tablero de control con su respectiva señalización y un selector que nos brindara la posibilidad de activar el sistema de modo ON - OFF.

6.9.5. Modo ON

El sistema en modo ON, funcionara directamente con la generación fotovoltaica entregando a las luminarias de 12v de última tecnología las que estarán ubicadas en la parte superior junto a las luminarias existentes para que los usuarios puedan diferenciar los niveles de iluminación que estas nos pueden entregar, el acumulador es el cual permitirá la continuidad del servicio.

6.9.6. Modo OFF

Al activar en este parámetro el sistema deja de trabajar y entregar energía a los actuadores lo cual permitirá trabajar a las conexiones que están ubicadas y funcionan con la energía de la empresa comercializadora.

6.9.7. Esquema del Circuito

El esquema está desarrollado para que el sistema funcione de una manera eficiente y continua, se presenta el circuito en función con todos los elementos que se instalaron en el demostrativo.

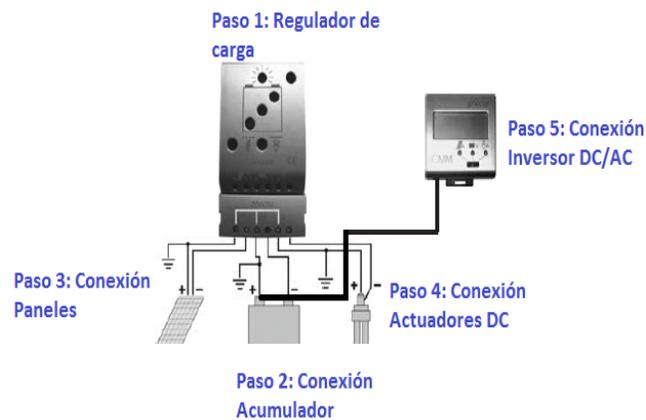


Gráfico 6. 8: Diagrama de conexión eléctrica
Fuente: Los Autores

Pasos para la conexión:

Paso 1: En este paso lo que hacemos es ubicar el regulador de carga y abrir los soque de entradas de la batería y los receptores solares.

Paso 2: Aquí se efectúa la conexión respectiva del acumulador como primer paso al regulador de carga y como también se realiza la conexión a tierra como esta en la gráfica 6.8

Paso 3: Consiste en conectar tantos los receptores solares al regulador de carga y además la conexión a tierra respectiva.

Paso 4: conexión de los actuadores de corriente continua ósea en nuestro caso las lámpara de 11w y con su respectiva conexión a tierra para evitar daños inesperados.

Paso 5: se trata de conectar el inversor directamente al acumulador de 12 V en DC y esto realizara el trabajo de conversión a AC respectivamente y que luego se podrán ubicar o conectar las cargas respectivas según al valor nominal del inversor sin exceder sus parámetros de fabricación.

6.9.8. Instructivo general de los elementos

El instructivo técnico brindará una ayuda a las personas que se encuentren capacitadas o preparadas para manipular el sistema, dándoles una idea de las características de cada uno de los componentes así como de cómo se los debe instalar.

6.9.8.1. Paneles Solares

Para manipular los paneles solares debemos tomar en cuenta que son Frágiles ya que su construcción específica es de silicio lo que puede conllevar a una fácil destrucción a caídas y golpes por lo cual recomendamos

usar de la manera más adecuada tomando en cuenta los parámetros que a continuación tenemos:

Datos eléctricos		Celdas		Otros datos	
Máxima Potencia	$P_{\text{máx.}}$ 50 W	Tecnología celdas	Silicón monocristalino	Dimensiones en mm	902 x 545 x 30
Voltaje circuito abierto	V_{oc} 21,68 V	Cantidad celdas	36	Peso	6 Kg
Voltaje del punto máxima potencia	V_{mp} 17,37 V	Dimensiones celdas	125 x 94 mm	Tolerancia de potencia	+ - 5 %
Corriente cortocircuito	I_{sc} 3,80 A			Cantidad de diodos	2
Corriente del punto máxima potencia	I_{mpp} 2,88 A				

Tabla 6. 7 Datos técnicos paneles zytech
www.zytech.es

Las siguientes características las encontramos en el sitio web del fabricante y en el manual de uso las cuales no permitirán dar un óptimo uso y manejo de los mismo sin que estos corran el riesgo de causar daños a terceros peor aún deteriorarse antes de cumplir su vida útil.

6.9.8.2. Regulador de Carga

El regulador tiene como función regular la entrada de la señal y modificarle a un valor igual a 12v en DC que es el voltaje que recibe el acumulador para realizar su carga y posterior entregar a los actuadores además nos entrega en sus unidades de salida el voltaje totalmente DC de 12V para actuación de las lámparas de 11w 12V en DC o cualesquier otro equipo que funcione con este tipo de potencial.

Características técnicas del regulador.

Datos Técnicos	
Voltaje nominal	12 / 24 V, reconocimiento automático
Voltaje de carga profunda	14.5 / 29.0 V (25°C), 2 h
Voltaje de equalización	14.8 / 29.6 V (25°C), 2 h
Voltaje de flotación	13.7 / 27.4 V (25°C)
Función de Desconexión por Bajo Voltaje	11.4-11.9 / 22.8-23.8 V controlado por el estado de carga
Voltaje de reconexión de carga	11.0 / 22.0 V controlado por el voltaje
Voltaje de reconexión de carga	12.8 / 25.6 V
Compensación de temperatura	-4 mV/Cell*°K
Máx. corriente de panel solar	5 / 8 / 10 / 15 / 20 A de acuerdo con el número de modelo @ 50°C
Máx. corriente de carga	5 / 8 / 10 / 15 / 20 A de acuerdo con el número de modelo @ 50°C
Dimensiones	80 x 100 x 32 mm (w x h x d)
Peso	180 gr
Máx. tamaño de cable	16 mm ² (AWG #6)
Autoconsumo	4 mA
Escala de temperatura ambiental	-25 a + 50 °C
Clase de protección	IP 20

Tabla 6. 8 Datos Técnicos Regulador de carga
Fuente: Manual de usuario

Descripción de sus funciones.

- ❖ El controlador de carga protege a la batería contra sobrecarga del módulo solar y evita que se descargue durante los consumos.
- ❖ El controlador de carga se ajusta automáticamente al sistema de voltaje de 12V o 24V.
- ❖ El controlador debe funcionar únicamente en interiores. Protéjalo de la luz directa del sol y colóquelo en un lugar seco.

Pasos para la conexión



Paso 1:

Fije el controlador a la pared con tornillos adecuados a la superficie de la misma. Use tornillos de 4 a 5 mm de eje y 8 mm de diámetro. Tenga en cuenta que los tornillos deben soportar la fuerza aplicada en el cableado.

Asegúrese que las hendeduras laterales del ventilador no estén obstruidas.

Paso 2:



Conecte el cableado a la batería con la polaridad correcta. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el controlador y luego la batería. Tenga en cuenta la longitud de cable recomendada (mín. de 30 cm. a máx. aprox. de 100 cm.) y el tamaño del cable:

CML05: mín. 2,5 mm²

CLM08: mín. 4 mm²

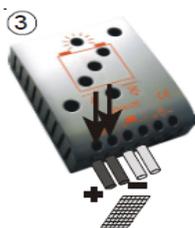
CML10: mín 6 mm²

La polaridad incorrecta causará un permanente sonido de advertencia.

ADVERTENCIA: Si se conecta la batería con polaridad inversa, la polaridad de los bornes de carga también será incorrecta.

¡No conecte nunca cargas bajo estas condiciones!

Paso 3



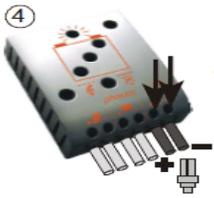
Conecte con la polaridad correcta los cables dirigidos al módulo solar. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el controlador y luego el módulo solar. Tenga en cuenta el tamaño de cable recomendado:

OBSERVACIÓN: para minimizar los efectos electromagnéticos coloque el cable positivo al lado del cable negativo.

OBSERVACIÓN: Los paneles solares suministran voltaje en cuanto quedan expuestos a la luz del sol. Siga en todos los casos las recomendaciones del fabricante del panel solar.

Paso 4

Conecte con la polaridad correcta los cables dirigidos a los consumos. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el cable a la carga y luego al controlador. Tenga en cuenta el tamaño de cable recomendado:



Visualización de la conexión.

Funciones de Visualización
El controlador dispone de 5 LEDs y de una señal acústica de aviso.

- Visualización de la carga
- Visualización del estado de la carga
- Visualización del estado del consumo

En funcionamiento normal, el controlador muestra el estado de la carga de la batería y el estado de la carga de los paneles solares. Adicionalmente, cualquier descenso del estado de la carga (SOC) se señala acústicamente.

Visualización de la carga

- El módulo solar suministra electricidad
- El módulo solar no suministra electricidad

Visualización del estado de la carga

- >75%
- 25-75%
- <25%
- destellos: <10%

El porcentaje indica la relación entre la energía disponible de una batería completamente cargada, y el mínimo indicado con Desconexión por Bajo Voltaje.

6.9.8.3. Acumulador

Los datos técnicos del acumulador o batería son recopilados y procesados de una manera óptima la cual podrá ser manejada y comprendida de una manera entendible y muy fácil de interpretar.

RA12-100 es una batería de propósito general con 10 años flotando vida de diseño, se reúnen con la normal EC, JIS BS, y el nivel Eurobat. Con rejilla de alta resistencia, grosor de las placas, aditivos especiales, la serie

AR la batería tiene la vida en espera de servicio larga fiable y mejor rendimiento. www.ritarpower.com

Datos técnicos

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.30.0 Kg
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 5mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	30 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A. B. S. (UL94-HB), Flammability resistance of UL94-V1 can be available upon request.

Tabla 6. 9 Especificaciones técnicas del acumulador
Fuente: Manual de usuario

Para su mantenimiento tenemos los siguientes aspectos generales:

- Cada tres meses, recomendamos carga de compensación por una sola vez.

Nivelación método de carga:

Descarga: 100 %tasa de capacidad de descarga.

Cargo: Máx. 0.3CAcorriente, de tensión constante de24 horas de carga2.4-2.45V/Cell.

- Efecto de la temperatura sobre la tensión de la carga:-3mV / °C /Cell.

- Ciclos, la profundidad de la descarga, la temperatura ambiente y tensión de carga.

6.9.8.4. Actuadores en DC

Los actuadores que se utilizó son marca Phocos procedentes de china los cuales están sujetos a estándares de calidad internacional lo que abalanza su eficiente desempeño en nuestro medio a continuación les presentaremos los datos técnicos y su manera de operación para un uso eficiente y así prolongar la vida útil del mismo.

TYPE	CL1211C /W
Voltage Range	11-15V
Nominal Power	11W
Nominal Current	960mA
Light Intensity	670lm(W) 630lm(C)
Light Temperature	2700K(W) 6400K(C)
Temp. Range	-10 to +50 °C
Socket	E27

Tabla 6. 10 Datos técnicos actuadores

Fuente: http://www.phocos.com/datasheet_dl_cfl_11w.html

La vida útil de la lámpara es de más de 8.000 horas. Además, las lámparas están equipadas con una protección de sobrecalentamiento (OTP) que hace que las luces se apaguen automáticamente antes de sobrecalentarse (especialmente cuando se opera en condiciones extremas de temperatura ambiente) y por lo tanto evita que se dañe la lámpara.

Modo de Conexión

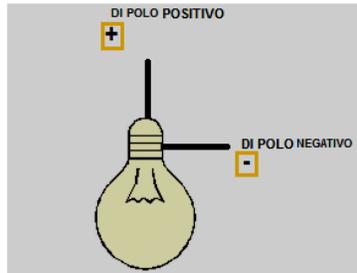


Gráfico 6. 9: Modo de conexión lámparas
Fuente: Los Autores

6.9.8.5. Inversor DC/AC

El inversor es un aparato eléctrico cuya función es de recibir corriente continua por parte del acumulador en 12V y transformar esta en AC 120V conservando la potencia de sí mismo en la implementación se tiene el inversor marca COTEK y a continuación dispondremos de sus características técnicas y sus pasos para la conexión.

Datos técnicos

Specification		Model No.					
Item	SK350-112	SK350-124	SK350-148	SK350-212	SK350-224	SK350-248	
Continuous Output Power	350W						
Maximum Output Power	385W						
Surge Rating (Max)	700W						
Input voltage	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	
Output Voltage	100 / 110 / 120Vac +/- 5%		220 / 230 / 240Vac +/- 3%				
Frequency (Switch Selections)	50 / 60Hz +/- 0.05%						
Output Waveform	Pure Sine Wave (THD < 3%)						
Efficiency (full load) Max ^{*1}	84%	86%	88%	88%	89%	90%	
Input Voltage Regulation	10.5-15 VDC	21.0-30 VDC	42-60 VDC	10.5-15 VDC	21.0-30 VDC	42-60 VDC	
Failure Indicator	Red LED						
Protection	Overload (Shut down), Short Circuit (Shut down), Reverse Polarity (Fuse), Over / Under Input Voltage (Auto recovery), Over Temperature (Auto recovery).						
Remote Control	Yes (ON / OFF mode controlled by hard wire) See 3-2						
Safety	Meet UL458		EN60950-1				
EMC	FCC Class A		EN5522:1997		e-mark		
			EN61000-3-2:1998		e13 023497		
			EN61000-3-3:1995				
			EN55024:2001				
Operating Temperature Range	0 - 40 °C						
Storage Temperature Range	-30°C to 70°C						
Cooling	FAN (Controlled by load and temperature)						
Dimensions	185(L)x147(W)x60(H)mm / 7.3(L)x5.8(W)x2.36(H) inch						
Weight	1.4kg						

Note: The specifications are subject to change without notice.
*1 : This test condition is normal DC input (13.5V) and temperature 25°C.

Tabla 6. 11: Datos técnicos del inversor
Fuente: manual de uso

Modo de instalación

El lugar de instalación, debe cumplirlos siguientes requisitos:

- Ambiente seco, no permita que el agua moje el inversor.
- La temperatura del aire ambiente debe estar entre 0°C y 40°C,
- Caja de seguridad. No instale el inversor en un compartimiento de la batería o de otro tipo áreas donde los vapores inflamables puedan existir, tales como áreas de almacenamiento de combustible o compartimiento del motor.
- Libre de polvo, No instale el inversor en un ambiente polvoriento.
- Cerca de las baterías-Evite cables excesivamente largos.

¡ADVERTENCIA!

Peligro de electrocución. Antes de seguir adelante, con cuidado comprobar que el inversor no se conecta a cualquier batería, y que todo el cableado esté desconectado de cualquier fuente eléctrica. No conecte los terminales de salida del inversor a una fuente de corriente alterna de entrada.

6.9.9. Mantenimiento del sistema

El estilo que actualmente tiene la industria consiste en definir las actividades de mantenimiento que tienen cada uno de los equipos eléctricos, por lo tanto el mantenimiento de un sistema fotovoltaico debe realizárselo con ciertas rutinas periódicas las cuales pueden realizarlas personal calificado o personal de operación.

Debe considerarse un espacio o área de trabajo prudente para realizar el debido mantenimiento y/o reparación.



Como se observa en el grafico se detalla claramente de como una persona debe comprometerse a realizar un trabajo seguro que prevalecerá su integridad la señalización y demarcación es una manera de prevenir accidentes laborales.

Antes de proceder con la manipulación hacia el sistema se debe leer minuciosamente las instrucciones así como el documento técnico ya que los equipos que constituyen el sistema son de marcas acreditadas que cuentan con una garantía y además repuestos en caso de mantenimiento correctivo que se lo puede conseguir sin ningún tipo de inconvenientes.

El mantenimiento consistirá en la limpieza exterior de los receptores solares (Panel). Aquí se recomienda realizarlo con una frecuencia de 6 meses por la incidencia de las impurezas que merodean nuestra instalación (polvo).

El regulador de carga frecuentemente junto con la limpieza de los acumuladores de energía que pueden se aconseja realizarlo cada 3 meses.

Los acumuladores recomendamos realizar las respectivas mediciones de carga con una frecuencia de 3 meses para optimizar su rendimiento y prolongar la vida útil de la misma.

Las luminarias al ser estas de marca se recomienda realizar una limpieza de rutina cada vez que se realice el mantenimiento del panel solar ya que su diseño está referido a nuestras condiciones meteorológicas.

6.10. Impacto medioambiental

La implementación del presente proyecto Solar Fotovoltaico de 40 kW, contribuirá con la reducción de las emisiones de CO₂ en el Ecuador, ayudando así al planeta entero, reduciendo el calentamiento global y a su vez siendo un proyecto ejemplo en el país para otros proyectos que a su vez se sumarán a esta iniciativa que busca en gran manera quitar la dependencia a los combustibles fósiles y así abrir una nueva página en la matriz energética del país.

A continuación se realiza el cálculo de la cantidad de CO₂ que se dejaría de emitir en el Ecuador gracias a la implementación de este proyecto Solar Fotovoltaico para aquello se requiere primero el cálculo de la energía total anual generada es 87.89 MWh.

Una vez obtenida la energía total anual generada se deduce que el proyecto fotovoltaico dejare de emitir 27.26 toneladas de CO₂ /año.

Ahora bien analizamos diferentes factores, como son el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera, destrucción de flora y fauna, residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema.

Impacto medioambiental de la generación eléctrica fotovoltaica frente a la generación eléctrica común.

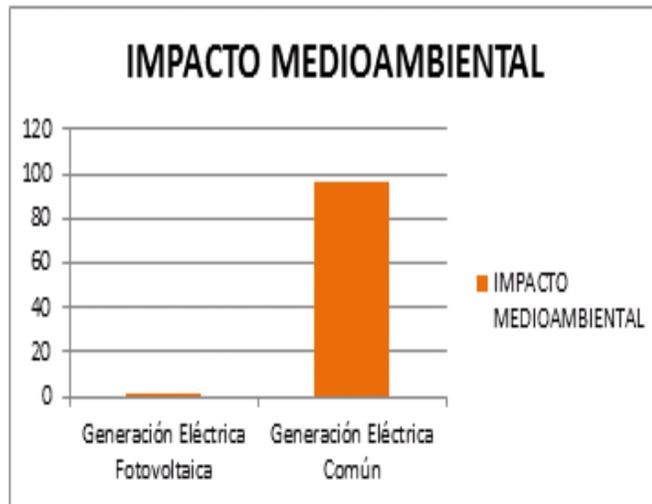


Gráfico 6. 10: Impacto medio ambiental
Fuente: Los Autores

La figura indica el porcentaje del impacto medioambiental de la generación eléctrica fotovoltaica frente a la generación eléctrica común teniendo como resultado que la generación eléctrica fotovoltaica es totalmente libre de contaminación medioambiental.

Ruidos

Módulos fotovoltaicos: La generación de energía de los módulos fotovoltaicos, es un proceso totalmente silencioso, mientras que la energía convencional es contaminante puesto que su generación es totalmente ruidosa.

Destrucción de flora y fauna

Ninguno de los equipos de la generación fotovoltaica tiene efecto de destrucción sobre la flora o fauna.

Las emisiones gaseosas o fluviales del tipo de combustibles fósiles que se utilizan para la generación eléctrica común, amenazan constantemente a la flora y fauna del mundo.

6.11. Recursos

6.11.1. Recursos humanos

- Director de Tesis
- Catedráticos de la UTN
- Especialistas de generación fotovoltaica

6.11.2. Recursos institucionales

- CONELEC
- INAMHI
- Renova Energía (Importadora de materiales de generación eléctrica fotovoltaica)
- Universidad Técnica del Norte

6.11.3. Recursos materiales

- Libros
- Hojas de papel y bolígrafos
- Equipos de montaje.
- Materiales de control industrial.

Equipos

- Computador
- Analizador de Energía

6.12. Cronograma de actividades

Meses	1				2				3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planteamiento del problema	x	x																						
Recolección Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboración anteproyecto			x	x	x	x	x	x																
Defensa anteproyecto									x															
Trabajo de campo									x	x	x	x	x	x	x	x								
Recolección de datos															x	x	x	x						
Procesamiento de datos.																	x	x						
Re chequeo de información.																		x	x					
Conclusiones.																			x	x				
Recomendaciones.																			x	x				
Elaboración de trabajo final.																					x	x	x	

Tabla 6. 12: Cronogramas de actividades
Fuente: Los Autores

6.13. Bibliografía

1. Aguilar p. Campo Elías. (2008). Guía Práctica para la Elaboración de tesis: Propad.
2. Antonio Madrid Vicente. (2009). Energía solar térmica y de concentración: manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento: Madrid – España, amv ediciones.
3. Bridgewater, Alban; Bridgewater, Gill. (2009). Energías Alternativas Handbook: Madrid, Paraninfo.
4. Cengel (2007), Ingeniería Mecánica, Termodinámica McGraw-Hill
5. Cevallos Augusto. (2000). Hablemos de la Electricidad segunda edición. Politécnica Nacional.
6. Fernández Barrera Manuel (2002), Energía Solar Visionnet Ediciones.
7. Flores J. (1990). Tecnología de Electricidad: Madrid cuarta edición, Editorial Paraninfo.
8. García Villas Marianela (2000), Energía solar fotovoltaica, IEPALA Ediciones.
9. Gonzales Velasco Jaime. (2010). Electroquímica de Semiconductores: Barcelona, Reverte.
10. Gonzales Velasco Jaime. (2009). Energías Renovables: Barcelona, Reverte.
11. Huschke, Ralph E. (1959). Glossary of Meteorology: Boston, Second printing.
12. Instituto Nacional De Meteorología. (2001). Cambio y Variabilidad Climática en el Ecuador. Quito – Ecuador

13. I. J. Sackmann, a. I. Boothroyd. (2003). Sun Consistent with Helioseismology and Warm Temperatures on Ancient Earth and Mars. OurSun. V. A Bright Young.
14. José M. Juana. (2003), Energías Renovables para el Desarrollo: Magallanes Madrid España.
15. José A. C. Gonzales, Roque C. Pérez, Antonio C. Santos, Manuel-A.C. Gil. (2009). Centrales de Energía Renovables: Pearson Educación S.A. Madrid España.
16. Mileal Harry. (1998). Curso Práctico de Electricidad: México. Quinta edición, Edición Ciencia y Técnica S. A.
17. MC Graw Hill. (1996). Metodología de la Investigación. Colombia: Colombia Ediciones.
18. McIntosh, D. H. (1972). American Meteorological, Her Majesty's Stationery Office.
19. Ramírez Vásquez José. (1995). Protección de Sistemas Eléctricos contra Sobre intensidades: Barcelona España.
20. Roldán Vitoria José (2009), La Electricidad y sus Aplicaciones, creaciones copyright, S.I.
21. Sardón Juana, José María D.E. (2003). Energías Renovables para el Desarrollo: México D.F. Thomson

6.13.1. Manuales y revistas

1. ABB, equipamiento para subestaciones, Producto para MT y AT.
2. Atlas Solar del Ecuador CONELEC
3. La Constitución Política de la República del Ecuador.
4. Manual para instalaciones solares de la Universidad de Sevilla.
5. Manual para instalaciones solares de la Universidad de Sevilla Edición 2004, SODEAN S.A
6. Revista Energía del sector Eléctrico.
7. Revista FOTÓN.
8. Unión FENOSA internacional S.A. Especificación técnica de Pararrayos.

6.13.2. Lincografía

1. www.conelec.gob.ec
2. www.sitiosolar.com
3. www.meridadigital.com
4. www.supertiendasolar
5. www.censolar.com
6. www.zytech.es
7. www.recursosees.com
8. www.energia3.mecon.gob.ar
9. <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7067/2/termica.pdf>
10. http://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad#Corriente_el.C3.A9ctrica
11. <http://www.blogger.com/feeds/3771453338954124159/posts/default>

12. <http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit04a.pdf>

13. http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar"

14. Google Earth Satelital.

15. Schott mono Data sheet

6.14. Matriz de Coherencia

TEMA: ESTUDIO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED PARA LA FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, E IMPLEMENTAR UN MODELO DEMOSTRATIVO CON ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DURANTE EL AÑO 2012.	
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
¿Cómo diseñar un sistema de generación fotovoltaica conectado a la red, analizando el consumo de la F.E.C.Y.T. con un estudio costo beneficio y una aplicación de un demostrativo con acumulación de energía en el taller de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico?	<ul style="list-style-type: none">Realizar el estudio de un sistema integral de generación eléctrica fotovoltaica conectado a la red para la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte en el año 2012.Implementar un modelo demostrativo con un sistema de acumulación de energía en el taller de electricidad de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.
INTERROGANTE	OBJETIVOS ESPECIFICOS
¿Cómo incorporar los nuevos sistemas de generación eléctrica renovable en nuestro medio? ¿Cómo disminuir el consumo de combustibles fósiles y la importación energética del Ecuador?	<ul style="list-style-type: none">Investigando la incidencia del sol, sobre la zona geográfica de estudio para determinar la factibilidad del proyecto.Implementando las nuevas alternativas de energías renovables a nivel nacional.

ANEXOS

Ubicación del Analizador de energía edificio FECYT.



Recopilación de datos INAMHI



Registro de Ubicación.



Elaboración y montaje del modelo demostrativo



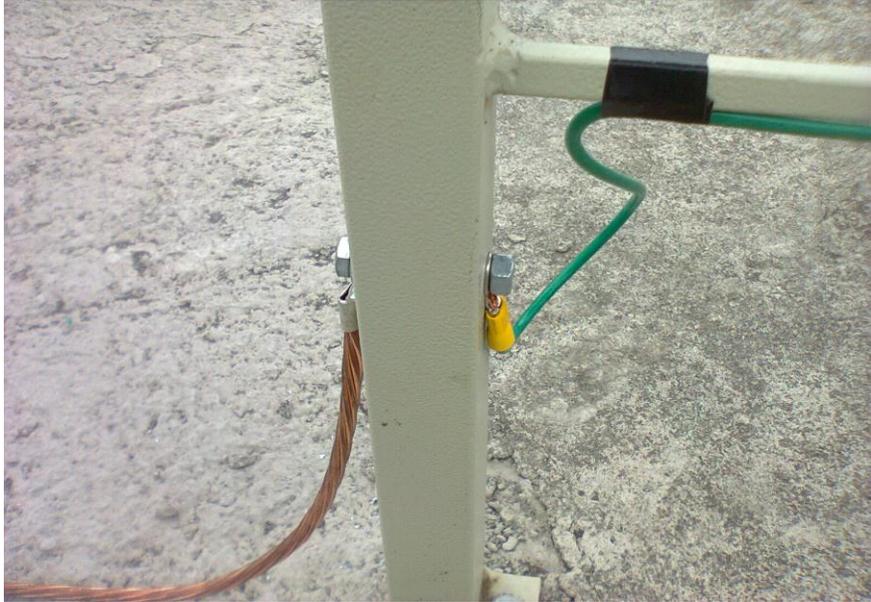
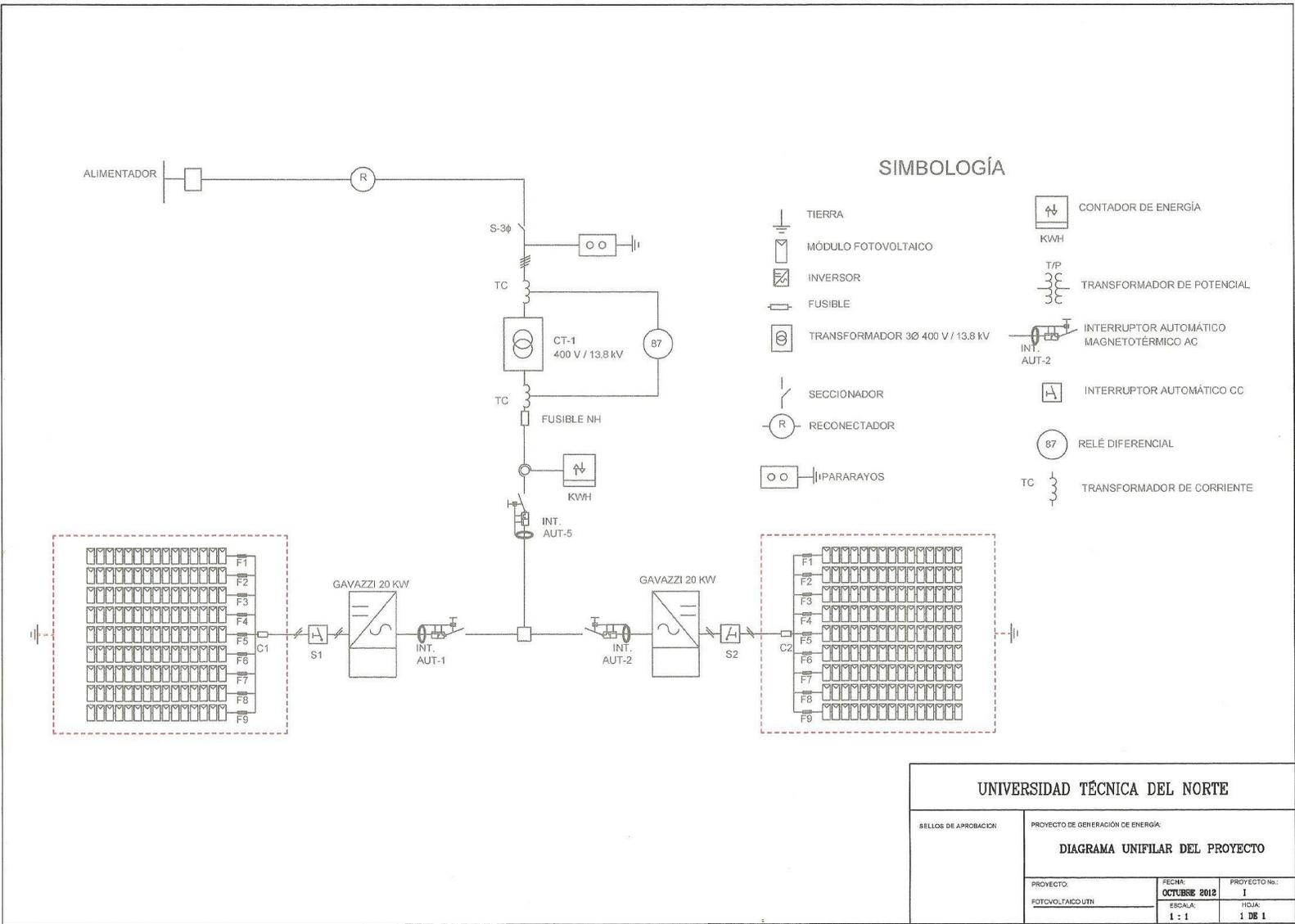




DIAGRAMA UNIFILAR DEL PROYECTO



SIMBOLOGÍA

- TIERRA
- MÓDULO FOTOVOLTAICO
- INVERSOR
- FUSIBLE
- TRANSFORMADOR 3Ø 400 V / 13.8 KV
- SECCIONADOR
- RECONECTADOR
- PARARAYOS
- CONTADOR DE ENERGÍA
KWH
- T/P
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
- INT. AUT-2
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO AC
- INT. AUT-2
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO CC
- 87
RELÉ DIFERENCIAL
- TC
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

SELLOS DE APROBACION	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA:	
	DIAGRAMA UNIFILAR DEL PROYECTO	
PROYECTO: FOTOVOLTAICO UTN	FECHA: OCTUBRE 2012	PROYECTO No.: I
	ESCALA: 1 : 1	HOJA: 1 DE 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTOS			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002904124 0401523006		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ortega Moreno Leonardo Javier Lora Encalada Diego Patricio		
DIRECCIÓN:	Av. Rafael Miranda 1-59 (Ibarra). San José (Montufar).		
EMAIL:	lxortega86@yahoo.com diego_lora69@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062956713	TELÉFONO MÓVIL:	0999258353 0999247514

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ESTUDIO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA CONECTADO A LA RED PARA LA FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, E IMPLEMENTAR UN MODELO DEMOSTRATIVO CON ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DURANTE EL AÑO 2012.”
AUTORES:	Ortega Moreno Leonardo Javier Lora Encalada Diego Patricio
FECHA:	2012-10-26
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN MANTENIMEINTO ELÉCTRICO
ASESOR /DIRECTOR:	ING. RAMIRO FLORES

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, Leonardo Javier Ortega Moreno con cédula de ciudadanía Nro. 1002904124 y Diego Patricio Lora Encalada con cédula de ciudadanía Nro. 0401523006 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 143.

3. CONSTANCIAS

Los Autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de Octubre del 2012

LOS AUTORES:

(Firma).....

Nombre: Leonardo Javier Ortega Moreno

C.C.: 1002904124

(Firma).....

Nombre: Diego Patricio Lora Encalada

C.C.: 0401523006

ACEPTACIÓN:

(Firma).....

Nombre: Ing. Betty Chávez

Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por Resolución de Consejo

Universitario.....



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, Leonardo Javier Ortega Moreno, con cédula de identidad N° 100290412-4 y Diego Patricio Lora Encalada con cédula de identidad N° 0401523006 manifestamos en voluntad propia de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA CONECTADO A LA RED PARA LA FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, E IMPLEMENTAR UN MODELO DEMOSTRATIVO CON ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DURANTE EL AÑO 2012.”** que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma -----

Firma -----

Nombre: Leonardo Javier Ortega Moreno

Nombre: Diego Patricio Lora Encalada

Cédula: 1002904124

Cédula: 0401523006

Ibarra, a los 30 días del mes de Octubre del año 2012