



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño de un sistema híbrido de provisión de energía para las Islas de descanso en el campus UTPL

Trabajo de fin de titulación

AUTOR:

Fierro Castillo, Priscila del Rocío

DIRECTOR:

Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA-ECUADOR

2012





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja



TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño de un sistema híbrido de provisión de energía para las Islas de descanso en el campus UTPL

Trabajo de fin de titulación

AUTOR:

Fierro Castillo, Priscila del Rocío

DIRECTOR:

Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA-ECUADOR

2012



CERTIFICACIÓN

Ingeniero

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Dejo constancia de haber revisado y estar de acuerdo con el proyecto de fin de titulación, titulado: "Diseño de un sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso en el campus UTPL".

Presentado por:

Priscila del Rocío Fierro Castillo

Particular que comunico para los fines legales pertinentes.

Loja, noviembre de 2012

Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco

Visto Bueno Dirección Escuela

F).....

Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco
DIRECTOR DE LA TITULACIÓN DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Noviembre de 2012



CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Priscila del Rocío Fierro Castillo, declaro ser autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Priscila del Rocío Fierro Castillo

1104576622



AUTORÍA

Las ideas, opiniones, conclusiones, y contenidos expuestos en el presente informe de investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Priscila del Rocío Fierro Castillo



DEDICATORIA

En primer lugar doy gracias a Dios, por haberme dado la fuerza y el valor para culminar esta etapa de mi vida. Así también a mi mami Nancy Castillo quien me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y a mi hermana Verónica que con sus sabios consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Al Ing. Jorge Luis Jaramillo, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Y por ultimo a mis amigos por todos los años que hemos compartido juntos esta etapa universitaria por el apoyo, sinceridad y amistad leal que me han brindado.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme el privilegio de la vida, y por darme la inteligencia y la sabiduría para tomar las decisiones correctas e incorrectas, todas ellas forman parte de la mujer que soy hoy en día.

A mis queridos padres por su apoyo incondicional y por darme la oportunidad de poder estudiar una carrera universitaria.

Así mismo quiero hacer un agradecimiento especial al Ing. Jorge Luis Jaramillo, por su valiosa guía en la elaboración de este proyecto, por compartir sus conocimientos y experiencias, y por dedicar su tiempo para el éxito de la misma; a cada uno de los docentes de la UTPL por la formación tanto intelectual como de valores, y por inculcarnos desde el principio la ética profesional y la honestidad.

Por último agradecer a mis compañeros y amigos de clases con los cuales he compartido momentos valiosos e inolvidables a lo largo de nuestra vida universitaria, y ha todos los que directa o indirectamente han sido participes de mi vida.

Priscila del Rocío Fierro Castillo



RESUMEN EJECUTIVO

Se describe información sobre el uso de islas de descanso en campus universitarios, y, potencial utilización de fuentes de energía renovable en estos espacios. Sobre esta base, se explora y valora las tecnologías más adecuadas para la provisión de energía en una arquitectura híbrida dentro de la isla de descanso. Se presenta la propuesta arquitectónica de la isla de descanso a implementar y su abastecimiento de energía desde un sistema híbrido. Se describe el proceso de diseño de un sistema híbrido para la provisión de energía en una isla de descanso, y, se realiza el proceso de cálculo de los elementos del sistema. Se describe el rediseño del sistema PV debido a los inconvenientes en dimensionamiento presentados en los resultados para su implementación con la arquitectura propuesta, razón por la cual se plantea y propone una nueva arquitectura del sistema. Se realiza el proceso de dimensionamiento de los elementos del sistema PV requerido para suministrar energía suficiente a una isla de descanso. Y, por último, se describe el presupuesto requerido para implementar un sistema híbrido de provisión de energía para islas de descanso a ser ubicadas en el campus San Cayetano de la UTPL.



TABLA DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS	II
AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN EJECUTIVO	VI
TABLA DE CONTENIDO	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS.....	14
CAPÍTULO I	15
UNA APROXIMACIÓN AL USO DE ISLAS DE DESCANSO EN CAMPUS UNIVERSITARIOS.....	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 GENERALIDADES SOBRE ISLAS DE DESCANSO	15
1.2.1 Definición isla de descanso	15
1.2.2 Usos de las islas de descanso	16
1.3 TECNOLOGÍAS DE APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA, DISPONIBLES EN EL MERCADO, DE POTENCIAL USO EN ISLAS DE DESCANSO	18
1.3.1 Módulos fotovoltaicos de impacto visual reducido.....	18
1.3.2 Módulos fotovoltaicos de película delgada CIGS	19
1.3.3 Aplicaciones de los módulos CIGS	19
1.3.4 Cargador con láminas fotovoltaicas CIGS	20
1.3.5 Mini molino eólico tipo Savonius	20
1.3.6 Turbina eólica portátil de eje vertical Revolver	21
1.3.7 Árboles eólicos	22
1.3.8 Árbol eólico Power Flowers.....	22
CAPÍTULO II	24
PROPUESTA ARQUITECTÓNICA PARA UNA ISLA DE DESCANSO A IMPLEMENTAR EN EL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL	24
2.1 INTRODUCCIÓN	24
2.2 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA	24
2.2.1 Requerimientos generales.....	24



2.2.2	<i>Metodología de trabajo</i>	25
2.2.3	<i>Propuesta planteada</i>	26
2.2.4	<i>Resultado obtenido</i>	26
2.2.5	<i>Cubierta isla de descanso</i>	26
2.2.6	<i>El mobiliario de la isla de descanso</i>	28
2.3	INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROVISIÓN DE ENERGÍA EN LA ISLA DE DESCANSO	29
2.3.1	<i>Sistema híbrido</i>	29
2.3.2	<i>Corte transversal de la estructura de la isla de descanso</i>	29
2.3.3	<i>Divisiones interiores de la isla de descanso</i>	29
2.3.4	<i>Instalaciones eléctricas de la isla de descanso</i>	30
CAPÍTULO III		32
CÁLCULO DE UN SISTEMA HÍBRIDO PARA LA PROVISIÓN DE ENERGÍA A ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL.....		32
3.1	INTRODUCCIÓN	32
3.2	DISEÑO PROPUESTO PARA LA ISLA DE DESCANSO.....	33
3.2.1	<i>Corte transversal de la estructura de la isla</i>	33
3.2.2	<i>Divisiones interiores de la isla de descanso</i>	33
3.3	DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA ILUMINACIÓN EN LAS ISLAS DE DESCANSO	34
3.3.1	<i>Parámetros luminotécnicos requeridos</i>	34
3.3.2	<i>Selección de la bombilla LED</i>	35
3.3.3	<i>Factor de utilización</i>	35
3.3.4	<i>Flujo luminoso total</i>	36
3.3.5	<i>Número de luminarias necesarias</i>	36
3.3.6	<i>Carga eléctrica requerida para iluminar la isla</i>	38
3.3.7	<i>Consumo diario de energía</i>	38
3.4	DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA ALIMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS PORTABLES	39
3.4.1	<i>Potencia total requerida</i>	40
3.4.2	<i>El consumo diario de energía de las laptops</i>	40
3.5	DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS TOTALES DE CARGA EN LA ISLA DE DESCANSO..	41
3.5.1	<i>Calculó de la energía total requerida en la isla de descanso</i>	41
3.5.2	<i>Energía total requerida en la isla de descanso</i>	41
CAPÍTULO IV.....		42
DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA PV PARA ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS DE LA UTPL Y CÁLCULO DE ELEMENTOS		42
4.1	INTRODUCCIÓN	42
4.2	ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL SISTEMA PV	42
4.2.1	<i>Diagrama de bloques del sistema PV propuesto</i>	42
4.2.2	<i>Funcionamiento del sistema PV propuesto</i>	43
1)	44



4.3	DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DEL SISTEMA PV PROPUESTO	44
4.3.1	<i>Bloque de generación de energía</i>	44
4.3.2	<i>Carga CA transformada en CD</i>	45
4.3.3	<i>Intensidad de corriente diaria</i>	45
4.3.4	<i>Carga de corriente corregida</i>	46
4.3.5	<i>Corriente pico del sistema</i>	46
4.3.6	<i>Arreglo de módulos fotovoltaicos</i>	47
4.3.7	<i>Tensión CD resultante del sistema</i>	47
4.3.8	<i>Número total de módulos PV</i>	48
4.3.9	<i>Resultados del dimensionamiento del sistema a 12 V</i>	48
4.3.10	<i>Bloque de storage de energía</i>	49
4.3.11	<i>Capacidad nominal del banco de baterías</i>	49
4.3.12	<i>Capacidad corregida del banco de baterías</i>	50
4.3.13	<i>Número de baterías requeridas</i>	50
4.4	REPLANTEAMIENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA PV Y CÁLCULO DE ELEMENTOS.....	51
4.4.1	<i>Diagrama de bloques del sistema PV rediseñado</i>	51
4.4.2	<i>Funcionamiento del sistema PV rediseñado</i>	52
4.4.3	<i>Consumo de energía para la isla de descanso</i>	52
4.4.4	<i>Redimensionamiento del sistema a 12 V</i>	53
4.4.5	<i>Redimensionamiento del bloque de storage de energía</i>	53
4.4.6	<i>Capacidad nominal del banco de baterías</i>	53
4.4.7	<i>Capacidad corregida del banco de baterías</i>	53
4.4.8	<i>El número de baterías requeridas</i>	54
4.4.9	<i>Redimensionamiento del bloque de inversor y regulador</i>	54
4.4.10	<i>Capacidad del inversor</i>	54
4.4.11	<i>Capacidad del regulador</i>	54
4.4.12	<i>Rediseño del bloque de iluminación</i>	55
4.4.13	<i>Rediseño del bloque de conmutación</i>	56
4.4.14	<i>Selección de módulos PV de lámina delgada</i>	56
4.4.15	<i>Normas internacionales para módulos PV de lámina delgada</i>	57
4.4.16	<i>La norma UL 1703</i>	57
4.4.17	<i>Norma IEC/EN 61646</i>	58
4.4.18	<i>Norma IEC/EN 61730</i>	59
4.4.19	<i>Selección de las baterías</i>	59
4.4.20	<i>Selección del controlador de carga</i>	60
4.4.21	<i>Selección del inversor</i>	61
4.4.22	<i>Selección del conmutador</i>	61
4.4.23	<i>Selección de cables eléctricos</i>	62
CAPÍTULO V		63
PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO PARA PROVISIÓN DE ENERGÍA A ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS DE LA UTPL		63
5.1	INTRODUCCIÓN	63



5.2	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	63
5.2.1	<i>Costos de implementación</i>	63
5.2.2	<i>Costos de instalación</i>	64
5.2.3	<i>Costos de mantenimiento</i>	66
5.2.4	<i>Costos de explotación</i>	67
5.2.5	<i>Resume los costos totales de implementación del sistema</i>	67
	CONCLUSIONES.....	68
	REFERENCIAS	71
	ANEXOS.....	76
	PLANOS DE PROYECTO: DISEÑO TIPO ISLA DE CONOCIMIENTO	76



LISTA DE FIGURAS

FIG.1. 1 ISLA DE DESCANSO	16
FIG.1. 2 DISEÑO DE ECO BOULEVARD S2S	16
FIG.1. 3 AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL INSTALADO EN EL CAMPUS RÍO EBRO DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.....	17
FIG.1. 4 ESTUDIANTES EN ACTIVIDADES EXTRA-CLASE EN UNA ISLA DE DESCANSO	17
FIG.1. 5 ENREDADERA DE ENERGÍA SOLAR. SOLAR IVY	18
FIG.1. 6 LÁMINAS FOTOVOLTAICAS DE PELÍCULA DELGADA (THIN-FILM)	19
FIG.1. 7 SUMINISTROS PORTÁTILES DE ENERGÍA SOLAR CON TECNOLOGÍA CIGS	20
FIG.1. 8 TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL, WIND TULIP DE LEVIATHAN ENERGY	21
FIG.1. 9 TURBINA EÓLICA PORTÁTIL DE EJE VERTICAL, REVOLVER.....	22
FIG.1. 10 ÁRBOL EÓLICO POWER FLOWERS	23
FIG.1. 11 ÁRBOLES EÓLICOS POWER FLOWERS.....	23
FIG.2. 1 DISEÑO BÁSICO DE UNA ISLA DE DESCANSO	25
FIG.2. 2 EMPLAZAMIENTO DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA PARA UN GRUPO DE ISLAS DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	26
FIG.2. 3 VISTA FRONTAL DE LA ISLA DE DESCANSO PROPUESTA. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	27
FIG.2. 4 VISTA EN PLANTA DE LA ISLA DE DESCANSO PROPUESTA. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	27
FIG.2. 5 ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA DE LA ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	27
FIG.2. 6 MOBILIARIO DE ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	28
FIG.2. 7 VISTA EN CORTE DE LA ESTRUCTURA DE LA ISLA. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	30
FIG.2. 8 ILUMINACIÓN DE LA ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	31
FIG.3. 1 VISTA FRONTAL DE LA ISLA DE DESCANSO PROPUESTA. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	33
FIG.3. 2 VISTA EN CORTE DE LA ESTRUCTURA DE LA ISLA. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTE UTPL	34
FIG.3. 3 BOMBILLA LED SP80B, 10 W A 110/220 AC	35
FIG.3. 4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTES UTPL	37
FIG.3. 5 DISEÑO ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTES UTPL	38
FIG.3. 6 UBICACIÓN DE TOMACORRIENTES EN UN ÁREA DE LA ISLA DE DESCANSO. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y ARTES UTPL	39
FIG.4. 1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA PV PROPUESTO ORIGINALMENTE.....	43
FIG.4. 2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA PV REDISEÑADO.	52
FIG.4. 3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ISLA DE DESCANSO.	55
FIG.4. 4 SISTEMA FV HÍBRIDO CON CONMUTADOR AUTOMÁTICO	56
FIG.4. 5 LÁMINAS FOTOVOLTAICAS: POWER FLEX BIPV 82/90/100 W.....	57



LISTA DE TABLAS

TABLA 1. 1 APLICACIÓN Y TIEMPO DE CARGA CON CARGADORES SOLARES CIGS	20
TABLA 2. 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ISLA DE DESCANSO PROPUESTA.....	26
TABLA 2. 2 DIMENSIONES DE CUBIERTA ISLA DE DESCANSO	28
TABLA 3. 1 DEMANDA DE ENERGÍA PARA ILUMINACIÓN DE LA ISLA.....	38
TABLA 4. 1 RESUMEN DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA ISLA DE DESCANSO	44
TABLA 4. 2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA A 12 V. REALIZADO POR LOS AUTORES.	49
TABLA 4. 3 CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA ISLA DE DESCANSO	52
TABLA 4. 4 REDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA A 12 V.....	53
TABLA 4. 5 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE LAS LÁMINAS FOTOVOLTAICAS POWER FLEX BIPV 82/90/100 W	58
TABLA 4. 6 ESPECIFICACIONES MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS FOTOVOLTAICAS POWER FLEX BIPV 82/90/100 W	58
TABLA 4. 7 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LAS LÁMINAS FOTOVOLTAICAS POWER FLEX BIPV 82/90/100 W	58
TABLA 4. 8 RENDIMIENTO CON POCA LUZ LAS LÁMINAS FOTOVOLTAICAS POWER FLEX BIPV 82/90/100 W	59
TABLA 4. 9 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE LA BATERIA MILLENIUM 31DC115	59
TABLA 4. 10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTROLADOR DE CARGA PROSTAR PS-15A	60
TABLA 4. 11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR TEP-300W 12VDC/110VAC	61
TABLA 4. 12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONMUTADOR VAC2/S-15E	62
TABLA 4. 13 CALIBRE DE ALAMBRE ESTADOUNIDENSES AWG	62
TABLA 5. 1 COSTOS DE EQUIPOS DEL SISTEMA HÍBRIDO DE PROVISIÓN DE ENERGÍA PARA LAS ISLAS DE DESCANSO	64
TABLA 5. 2 COSTOS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO DE PROVISIÓN DE ENERGÍA PARA LAS ISLAS DE DESCANSO	64
TABLA 5. 3 COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO DE PROVISIÓN DE ENERGÍA PARA LAS ISLAS DE DESCANSO ...	66
TABLA 5. 4 COSTOS DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO DE PROVISIÓN DE ENERGÍA PARA LAS ISLAS DE DESCANSO	67
TABLA 5. 5 COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO DE PROVISIÓN DE ENERGÍA PARA LAS ISLAS DE DESCANSO.	67



INTRODUCCIÓN

Entre los proyectos de harvesting de energía priorizados para el año 2012 por el equipo multidisciplinario conformado por el Departamento de Arquitectura y Artes DAA, y el Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la Universidad Técnica Particular de Loja, alrededor de la Dirección de Infraestructura, se incluyó el diseño e implementación de una isla de descanso (o isla del conocimiento), híbrida desde la perspectiva de abastecimiento de energía, que permita la “recuperación” de espacios en el campus e integración de nueva tecnología.

Guiados por este propósito de renovación del nuevo campus, se acuñó el concepto de isla de descanso (o isla del conocimiento), como una estancia múltiple en la cual se desarrollaran actividades para la música, el descanso, la contemplación, y, la integración social, en la cual se provee de energía suficiente para la alimentación de equipos electrónicos portables de bajo consumo, y, de sistemas eficientes de iluminación mediante sistema híbrido de generación el cual forma parte integral del diseño arquitectónico.

Los resultados obtenidos por el grupo transdisciplinario conformado por arquitectos y electrónicos, se muestran en este trabajo, el cual está conformado por cinco capítulos. El primero recoge información sobre el uso de islas de descanso en campus universitarios, aspectos mínimos de diseño, y, potencial utilización de fuentes de energía renovable en estos espacios. En el segundo, se describe la propuesta arquitectónica de la isla de descanso a implementar; el diseño propuesto integra el abastecimiento de energía desde un sistema híbrido. En el tercer capítulo se describe el proceso de diseño de un sistema híbrido para la provisión de energía en una isla de descanso, y, se realiza el proceso de cálculo de los elementos del sistema. En el cuarto capítulo, se realiza el proceso de dimensionamiento de los elementos del sistema PV requerido para suministrar energía suficiente a una isla de descanso. Y, por último, en el quinto capítulo se describe el presupuesto requerido para implementar un sistema híbrido de provisión de energía para islas de descanso a ser ubicadas en el campus San Cayetano de la UTPL.



OBJETIVOS

- Establecer la línea base sobre el uso de islas de descanso en campus universitarios
- Selección de la propuesta arquitectónica para isla de descanso a implementar en el campus
- Diseño de un sistema híbrido para la provisión de energía en una isla de descanso.
- Dimensionamiento de un sistema PV para islas de descanso en el campus de la UTPL y cálculo de elementos
- Presupuesto de implementación de un sistema híbrido para provisión de energía a islas de descanso en el campus de la UTPL



CAPÍTULO I

UNA APROXIMACIÓN AL USO DE ISLAS DE DESCANSO EN CAMPUS UNIVERSITARIOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Como parte de la formulación de propuestas para la construcción de nueva infraestructura en el campus San Cayetano de la Universidad Técnica Particular de Loja, en la ciudad de Loja, en la Dirección de Infraestructura se conformó un equipo de trabajo transdisciplinario con el objetivo de gestionar iniciativas holísticamente concebidas.

En este marco, se propuso la incorporación de fuentes de energía renovable para la potenciación de distintos procesos de la vida universitaria. Las ideas propuestas fueron priorizadas, y, especial atención recibieron los proyectos de harvesting de energía. En este grupo de proyectos, se incluyó el diseño e implementación de una isla de descanso (o isla del conocimiento), híbrida desde la perspectiva de abastecimiento de energía, que permita la “recuperación” de espacios en el campus.

Este documento recoge los resultados obtenidos al establecer una línea base sobre la incorporación de islas de descanso en la vida de los campus universitarios.

1.2 GENERALIDADES SOBRE ISLAS DE DESCANSO

1.2.1 Definición isla de descanso

Una isla de descanso, o, isla de estancia, es un espacio semiabierto con diferentes formas y geometrías representativas, las cuales dan como resultado una estancia múltiple. Este tipo de espacios proporcionan libertad, tanto visual como de movilidad [1].

En general, una isla de descanso provee sombra, protege de la lluvia y del sol. En ella se desarrollan actividades para la música, el descanso, la contemplación, y, la integración social. Las islas de descanso son espacios de reunión, lectura, trabajo, etc. (Ver Fig.1.1)



Fig.1. 1 Isla de descanso [1]

1.2.2 Usos de las islas de descanso

Las islas de descanso se han incorporado a distintos espacios. A pesar de que en la bibliografía no es posible encontrar muchas referencias sobre el uso específico en campus universitarios, se puede afirmar que las islas permiten conjugar una serie de iniciativas, tales como el uso de materiales reciclados (proyecto Eco Boulevard S2S en Costa Rica) (Ver Fig. 1.22) [2], o, el aprovisionamiento de energía desde fuentes renovables o sistemas híbridos (Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza) (Ver Fig. 1.3) [3].



Fig.1. 2 Diseño de Eco Boulevard S2S [2]

<http://www.revistaseccion.com/portada/construccion-bioclimatica/48-construccion/1004-el-proyecto-eco-boulevard-s2s-en-atenas-costa-rica.html>>



Fig.1. 3 Aerogenerador de eje vertical instalado en El Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza

[3]<http://www.innovaticias.com/energia/6038/aerogenerador-instalado-circe-permite-abastecer-viviendas-mediante-energias-renovables>

En una isla de descanso ubicada en el campus universitario, que en el marco de este trabajo denominaremos isla del conocimiento, los estudiantes demandarían energía para alimentar laptops, teléfonos celulares, mp3, y, otros dispositivos electrónicos, que soporten sus actividades académicas y personales (Ver Fig.1. 4).



Fig.1. 4 Estudiantes en actividades extra-clase en una isla de descanso [1]



1.3 TECNOLOGÍAS DE APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA, DISPONIBLES EN EL MERCADO, DE POTENCIAL USO EN ISLAS DE DESCANSO

En este apartado, se describen algunas tecnologías que aprovechan fuentes renovables de energía, de potencial aplicación en islas de descanso. En el marco de este proyecto, se ha propuesto lograr que la tecnología de aprovisionamiento de energía, se incluya de forma integral en el diseño arquitectónico de la isla.

1.3.1 Módulos fotovoltaicos de impacto visual reducido

La utilización de este tipo de tecnología, busca minimizar el impacto visual en la estética arquitectónica de la isla de descanso.

En el mercado se pueden encontrar propuestas, como la de la empresa Smit, que desarrolló un sistema de módulos receptores fotovoltaicos con la apariencia de una planta trepadora. El sistema denominado Solar Ivy, luce como hojas flexibles (disponibles en diversos colores) instaladas sobre una malla metálica de cable de acero inoxidable. Sobre la malla, los módulos pueden ser dispuestos con la densidad y distribución requerida [4] (Ver Fig. 1.5). Cada “hoja fotovoltaica” pesa unos 250 gr., y, produce entre 0,5 y 4 Wh.



Fig.1. 5 Enredadera de energía solar. Solar IVY [5]

<http://nadanoslibradeescorpio.blogspot.com/2011/09/solar-ivy-enredadera-de-energia-solar.html>



1.3.2 Módulos fotovoltaicos de película delgada CIGS

A parte de uso de módulos fotovoltaicos hechos con materiales convencionales, se puede optar por versiones fabricadas con productos reciclables y no tóxicos. Se expenden células orgánicas fabricadas con materiales reciclables como el CIGS [5].

El uso de módulos fotovoltaicos para aprovechar la energía del Sol, presenta dos problemas a los usuarios: el impacto visual, y, la carga estructural en los techos. Una opción interesante para minimizar estos problemas lo constituyen las células fotovoltaicas de película delgada, basadas en micro estructuras CIGS (Cobre Indio Galio Selenio), incrustadas en soportes flexibles y ligeros [6]. Los paneles CIGS son una solución liviana, resistente a los vientos, y, muy económica [7].

Con respecto a la fabricación de módulos tradicionales, el proceso de fabricación de módulos CIGS requiere de menos energía, y, su impacto ambiental es menor.

1.3.3 Aplicaciones de los módulos CIGS

Los módulos CIGS son aptos para el uso en tejados, fachadas, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles, coches, etc. (Ver Fig.1.6).



Fig.1. 6 Láminas fotovoltaicas de película delgada (thin-film) [8]

http://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602

En las islas de conocimiento, los módulos CIGS pueden proporcionar la energía requerida por cualquier accesorio electrónico [9] (Ver Fig.1.7). La Tabla 1.1 muestra el



tiempo de carga de diversos dispositivos electrónicos, desde un cargador con láminas fotovoltaicas CIGS.

1.3.4 Cargador con láminas fotovoltaicas CIGS



Fig.1. 7 Suministros portátiles de energía solar con tecnología CIGS [9]

<http://erenovable.com/cargadores-solares-de-baterias/>

Tabla 1. 1 Aplicación y tiempo de carga con cargadores solares CIGS [9]

Aplicación	Tiempo de carga
Laptop	4-8 horas
DVD portátil	1 hora
Teléfono celular	1 hora
Cámara digital	1-2 horas
PDA/MP3	1-2horas
Teléfono satelital	1-2 horas
Consola de juegos portátil	1-2 horas
Videocámara digital	1-2 horas

1.3.5 Mini molino eólico tipo Savonius

Este tipo de tecnología permite optimizar el uso del espacio físico. Entre las opciones disponibles en el mercado se puede mencionar la oferta de la compañía israelí Leviathan Energy. El mini molino eólico tipo Savonius, denominado Wind Tulip (Ver Fig.1.8), posee la forma de un tulipán, acepta cualquier dirección del viento para su funcionamiento, y, genera entre 2 5 KWh [10].



Fig.1. 8 Turbina eólica de eje vertical, Wind Tulip de Leviathan Energy

<http://generatuenergia.com/2011/11/14/minimolino-eolico-tipo-savonius-wind-tulip-generacion-energia-sostenible-distribuida/>

Este tipo de tecnología está desarrollada para ser utilizada en terrazas de entornos rurales y urbanos, granjas, pequeñas empresas, torres de comunicación, y aparcamientos entre otros enclaves [11].

1.3.6 Turbina eólica portátil de eje vertical Revolver

Otra opción interesante es la mini turbina eólica portátil de eje vertical, modelo Revolver, de diseño es compacto, portable, y, con la capacidad de generar 35 Wh (Ver Fig.1.9).



Fig.1. 9 Turbina eólica portátil de eje vertical, Revolver

<http://generatuenergia.com/2012/03/08/revolver-aerogenerador-portatil-plegable-de-eje-vertical-para-zonas-remotas>

En las islas de conocimiento, los generadores eólicos de eje vertical, pueden ser ubicados en los edificios circundantes, en las inmediaciones, o, simplemente ser parte de una estructura móvil o portable.

1.3.7 Árboles eólicos

En el mercado existen propuestas para capturar la energía eólica a través de “parques eólicos” que se ajusten a espacios reducidos, que no produzcan ruidos, y, que se incorporen estéticamente al entorno.

1.3.8 Árbol eólico Power Flowers

Una opción interesante fue desarrollada por NL Architects, creadores de los llamados Power Flowers, pequeños generadores eólicos de energía, congregados a estructuras en forma de un árbol, y, equipados con múltiples turbinas eólicas de eje vertical [13]. (Ver Fig.1.10). Estas estructuras pueden integrarse fácilmente al paisaje urbano, como las torres de telefonía celular, de iluminación, postes eléctricos, ó, esculturas de arte.



Fig.1. 10 Árbol eólico Power Flowers

<http://inhabitat.com/power-flower-wind-turbine-trees-could-domesticate-wind-energy/>

Existen dos modelos, de 3 y 12 mini molinos. El primero, de 25 m de altura, produce 12 KW, y, con una velocidad media del viento de 5 m/s podría aportar hasta 13.680 KWh anuales. El segundo, de 33 m de altura produce 48 KW, y, con una velocidad media del viento de 5 m/s podría aportar hasta 55.680 KWh anuales. [14].

En las islas de conocimiento, este tipo de tecnología se puede instalar en los espacios verdes como parte integrante de los jardines, a fin de lograr una gran aproximación a un ambiente natural (Ver Fig.1.11).



Fig.1. 11 Árboles eólicos Power Flowers

<http://inhabitat.com/power-flower-wind-turbine-trees-could-domesticate-wind-energy/power-flowers-11/?extend=1>



CAPÍTULO II

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA PARA UNA ISLA DE DESCANSO A IMPLEMENTAR EN EL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL

2.1 INTRODUCCIÓN

Entre los proyectos de harvesting de energía priorizados por el equipo multidisciplinario conformado en la UTPL alrededor de la Dirección de Infraestructura, para el año 2012 se incluyó el diseño e implementación de una isla de descanso (o isla del conocimiento), híbrida desde la perspectiva de abastecimiento de energía, que permita la “recuperación” de espacios en el campus.

La iniciativa pretende recuperar ciertas zonas del campus de poca concurrencia, creando espacios interactivos, abiertos, y, de estancia múltiple, para actividades como la lectura, trabajo grupal, descanso, etc.

Este trabajo describe la propuesta arquitectónica elaborada por un grupo de investigadores del Departamento de Arquitectura y Artes DAA, con el apoyo del equipo de la sección de electrónica y energía del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE, de la UTPL.

2.2 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

2.2.1 Requerimientos generales

El diseño conceptual de la isla de descanso propuesto, se basa en la argumentación descrita en un trabajo anterior, en el que se sustentó la importancia del uso de islas de descanso, como parte de la gestión sustentable de un campus universitario. Sobre esta base, el equipo del DAA acuñó el término de isla del conocimiento, término con el que también se denomina la isla de descanso propuesta.



Como fase inicial, se propone focalizar el esfuerzo en el área contigua al monumento conocido como La Cruz, comprendida entre el Octógono y el edificio de aulas 3.

La Fig. 2.1 permite ilustrar el concepto de isla de descanso como “un espacio semiabierto, con diferentes formas y geometrías representativas, las cuales dan como resultado una estancia múltiple” [15]. Se pretende que la isla sea un espacio acogedor y estético, y, que integre tecnología para la generación de energía limpia.



Fig.2. 1 Diseño básico de una isla de descanso [16]

<http://depuertoricopalmundo.blogspot.com/2011/03/ideas-para-parques-eco-amigables.html>

La energía limpia generada en la isla, permitirá la provisión de equipos electrónicos portables de bajo consumo, y, el abastecimiento de sistemas eficientes de iluminación. Considerando el nivel de disponibilidad de energía requerido, se propuso que la isla se abastezca desde un sistema híbrido.

Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico.

2.2.2 Metodología de trabajo

La elaboración de la propuesta arquitectónica, fue abordada por el equipo del DAA en tres fases. En una primera fase, se solicitó a diferentes grupos de profesionales en



formación de la titulación de arquitectura, matriculados en talleres de diseño, propuestas de islas de descanso.

En una segunda fase, las propuestas fueron revisadas y complementadas con trabajos anteriores, elaborados como proyectos de fin de titulación. La información procesada y sistematizada sirvió de base para que, en una tercera fase, se propusieran algunas variantes de entre las que se escogió la propuesta final.

2.2.3 Propuesta planteada

La Fig. 2.2 muestra en emplazamiento de la propuesta planteada [17], que incluye la construcción de cuatro islas del conocimiento, distribuidas en el área priorizada.

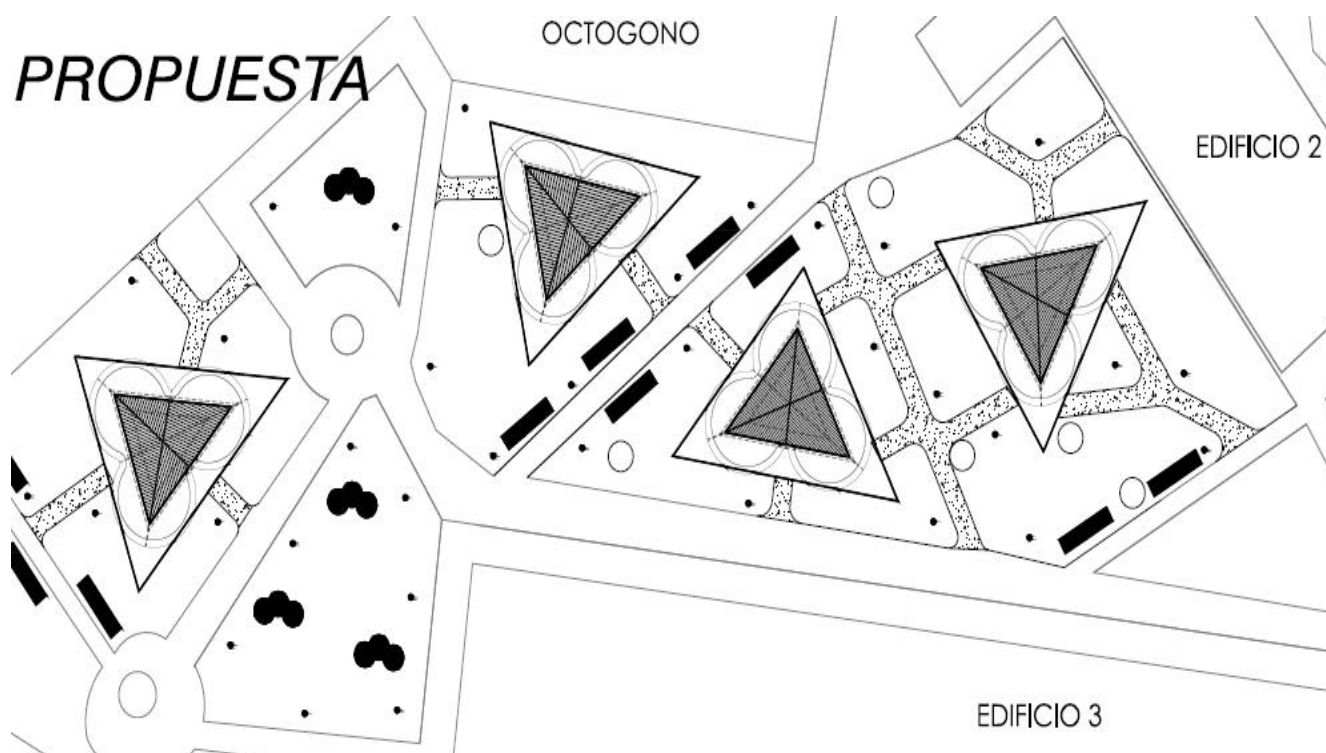


Fig.2. 2 Emplazamiento de la propuesta arquitectónica para un grupo de islas de descanso. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

Cada isla de descanso consta de una cubierta triangular. En ella se alojan tres estancias, con mobiliario circular y compacto, que concuerda con la idea de agrupación propuesta (Ver Fig. 2.3 y Tabla 2.1))



Fig.2. 3 Vista frontal de la isla de descanso propuesta. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]



2.2.4 Resultado obtenido

Tabla 2. 1 Características generales de la isla de descanso propuesta

Departamento de Arquitectura y Arte [17]

Dimensiones		
Largo:8.20 m	Área: 50.7 m ²	
Alturas		
Altura isla: 2.82 m	Altura útil: 2.49 m	Altura mesa: 1.72 m
Cubierta externa		
L1:11.23 m	L2:11.96 m	L3:10.58 m

El diseño propuesto se basa en el concepto de “arquitectura orgánica”. Su construcción no pretende invadir el espacio natural, sino ser una proyección de este [18]. Se procura integrar la construcción, el mobiliario, y, el entorno, para formar una composición unificada [19].

2.2.5 Cubierta isla de descanso

La forma triangular de la cubierta, a más de ser un atractivo, representa enlace entre sus elementos. La forma triangular se utiliza para aumentar la rigidez, soportar grandes pesos, y, cubrir áreas extensas sin interrumpir con columnas en medio [20] (Ver Fig. 2.4). En la Fig. 2.5 se muestra la estructura de la cubierta, conformada por tres triángulos intrínsecos, divididos por la mitad de sus vértices [21]. La tabla 2.2 resume las dimensiones de la estructura.

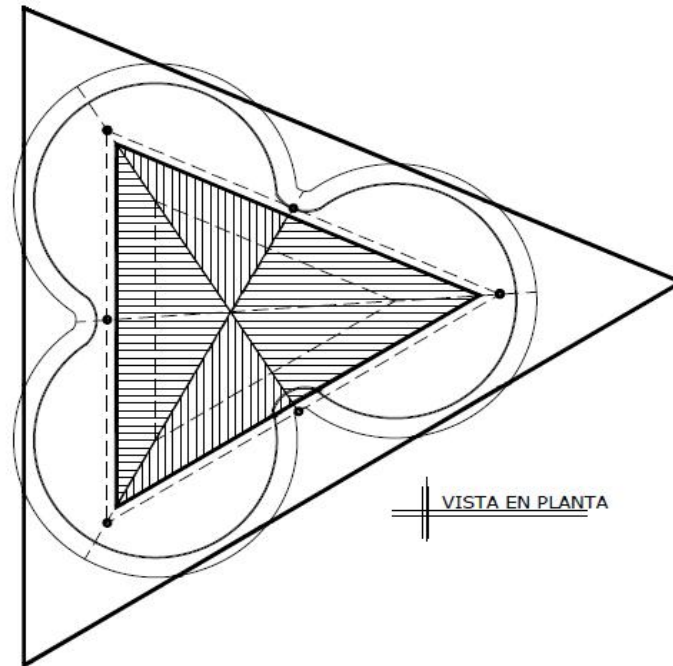


Fig.2. 4 Vista en planta de la isla de descanso propuesta. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

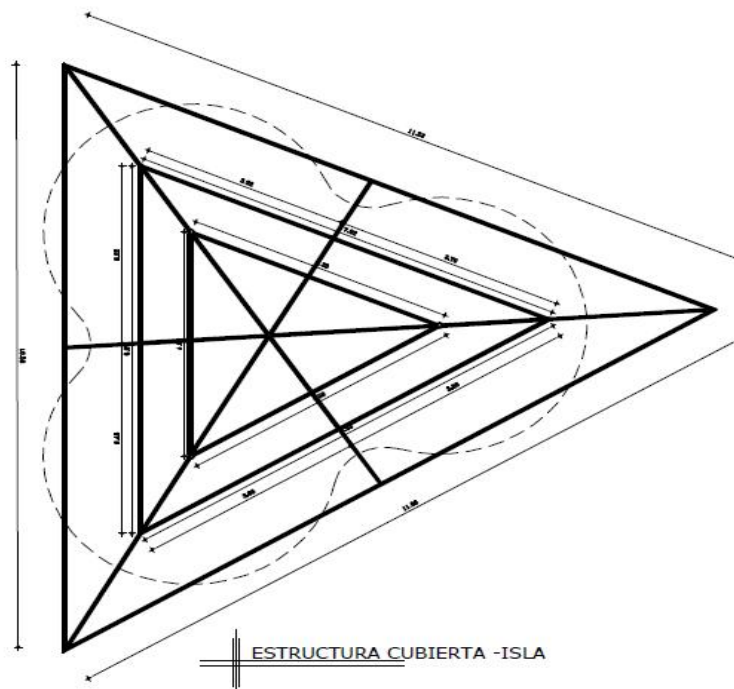


Fig.2. 5 Estructura de la cubierta de la isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]



Tabla 2. 2 Dimensiones de cubierta isla de descanso

Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

Estructuras de cubierta	Dimensiones		
	L1	L2	L3
Estructura triangular T1 (grande)	10.58 m	11.23 m	11.96 m
Estructura triangular T1 (media)	6.67 m	7.02m	7.33 m
Estructura triangular T1 (pequeña)	4.06 m	4.28 m	4.59 m

2.2.6 El mobiliario de la isla de descanso

El mobiliario de la isla de descanso esta representado por tres mesas de forma circular, y, tres bancas de soporte metálico, todas acopladas en un conjunto compacto (Ver Fig. 2.6). La forma circular del mobiliario representa unión, universalidad.

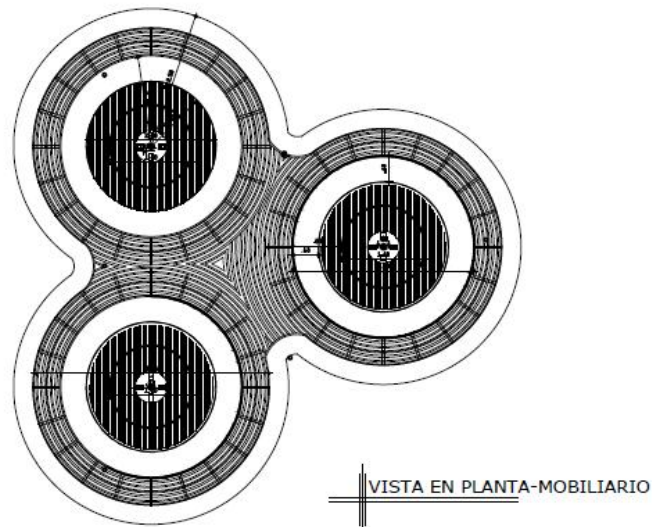


Fig.2. 6 Mobiliario de isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]



2.3 INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROVISIÓN DE ENERGÍA EN LA ISLA DE DESCANSO

2.3.1 Sistema híbrido

Un sistema híbrido proporciona energía para la provisión de equipos electrónicos portables de bajo consumo, y, el abastecimiento de sistemas eficientes de iluminación. Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico.

2.3.2 Corte transversal de la estructura de la isla de descanso

La Fig. 2.7 muestra un corte transversal de la estructura de la isla de descanso. En la cubierta, ubicada a una altura de 3.16 m, se especifica la ubicación de los módulos fotovoltaicos tipo CIGS, y, (un tubo cuadrado de 2 mm, y, una lata protectora de 0.0156 mm) para las instalaciones eléctricas. En forma conjunta con el grupo de energía del DCCE, se determinó también la ubicación de las luminarias, potencialmente de tecnología LED.

2.3.3 Divisiones interiores de la isla de descanso

En la Fig. 2.7, también se muestra que las mesas (de 2,30 m de diámetro y 0,76 m de altura), tienen divisiones interiores con espacio suficiente para albergar cinco baterías solares, dos inversores, y dos controladores de carga. Existen dos puertas corredizas de 44° de apertura a ambos lados, que facilitan el mantenimiento de los equipos. Se prevé también ducterías subterráneas para cableado eléctrico a 0,30 m de profundidad [22].

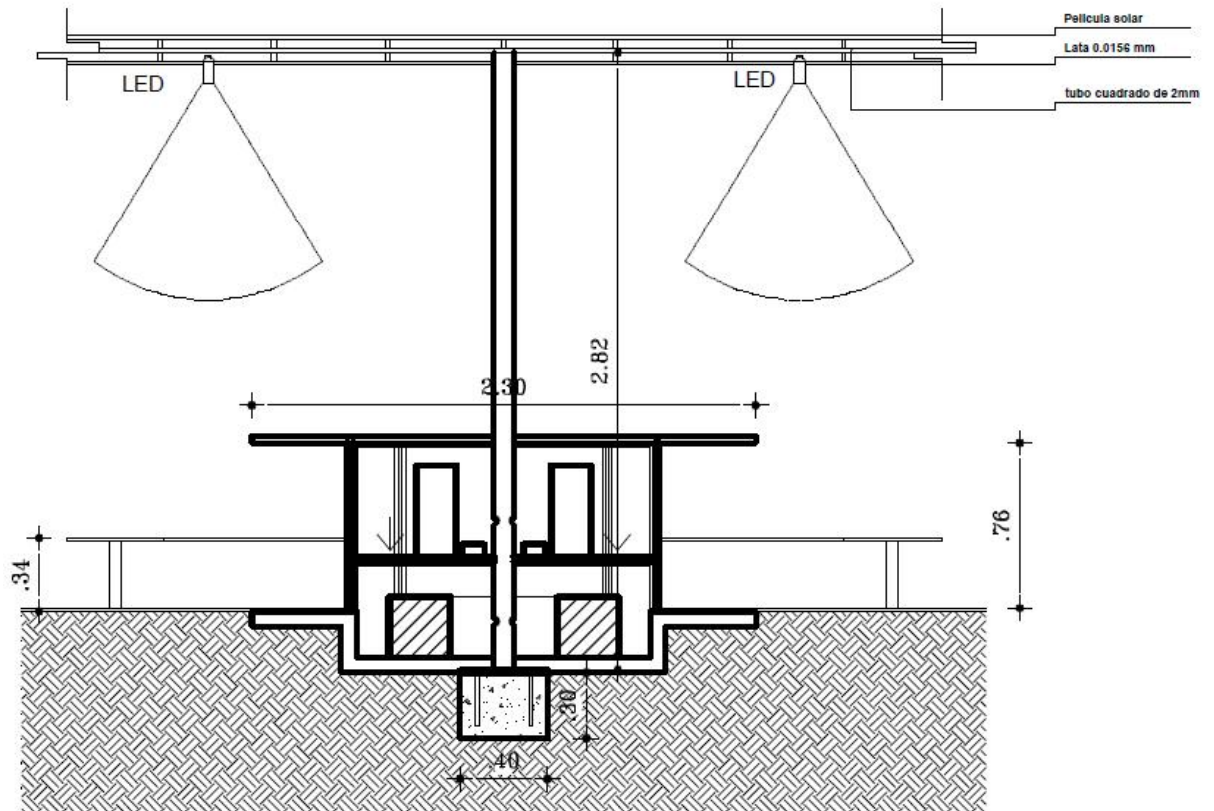


Fig.2. 7 Vista en corte de la estructura de la isla. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

2.3.4 Instalaciones eléctricas de la isla de descanso

Las instalaciones eléctricas de la isla circuitos independientes para iluminación y fuerza, y, su cálculo se explica en un siguiente trabajo [23]. La Fig. 2.8 muestra una vista frontal de la isla iluminada.



Fig.2. 8 Iluminación de la isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]



CAPÍTULO III

CÁLCULO DE UN SISTEMA HÍBRIDO PARA LA PROVISIÓN DE ENERGÍA A ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL

3.1 INTRODUCCIÓN

Entre los proyectos de harvesting de energía priorizados por el equipo multidisciplinario conformado en la UTPL alrededor de la Dirección de Infraestructura, para el año 2012, se incluyó el diseño e implementación de una isla de descanso (o isla del conocimiento), híbrida desde la perspectiva de abastecimiento de energía, que permita la “recuperación” de espacios en el campus.

La iniciativa pretende recuperar ciertas zonas del campus de poca concurrencia, creando espacios interactivos, abiertos, y, de estancia múltiple, para actividades como la lectura, trabajo grupal, descanso, etc.

Como fase inicial, se propone focalizar el esfuerzo en el área contigua al monumento conocido como La Cruz, comprendida entre el Octógono y el edificio de aulas 3.

Un sistema híbrido proporciona energía para la provisión de equipos electrónicos portables de bajo consumo, y, el abastecimiento de sistemas eficientes de iluminación. Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico.

Este trabajo describe los resultados obtenidos al diseñar el sistema híbrido de provisión de energía, y, calcular sus elementos.



3.2 DISEÑO PROPUESTO PARA LA ISLA DE DESCANSO

El diseño propuesto por el equipo del DAA para las islas de descanso, tiene una cubierta triangular, en la que se alojan tres estancias, con mobiliario circular y compacto, que concuerda con la idea de agrupación propuesta (Ver Fig.3.1) [17]. Las características técnicas del diseño se describen en un trabajo anterior.

3.2.1 Corte transversal de la estructura de la isla

La Fig. 3.2 muestra un corte transversal de la estructura de la isla de descanso. En la cubierta, ubicada a una altura de 3.16 m, se especifica la ubicación de los módulos fotovoltaicos tipo CIGS, y, (un tubo cuadrado de 2 mm, y, una lata protectora de 0.0156 mm) para las instalaciones eléctricas. En forma conjunta con el grupo de energía del DCCE, se determinó también la ubicación de las luminarias, potencialmente de tecnología LED.

3.2.2 Divisiones interiores de la isla de descanso

En la Fig. 3.2, también se muestra que las mesas (de 2,30 m de diámetro y 0,76 m de altura), tienen divisiones interiores con espacio suficiente para albergar cinco baterías solares, dos inversores, y dos controladores de carga. Existen dos puertas corredizas de 44° de apertura a ambos lados, que facilitan el mantenimiento de los equipos. Se prevé también ducterías subterráneas para cableado eléctrico a 0,30 m de profundidad.



Fig.3. 1 Vista frontal de la isla de descanso propuesta. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

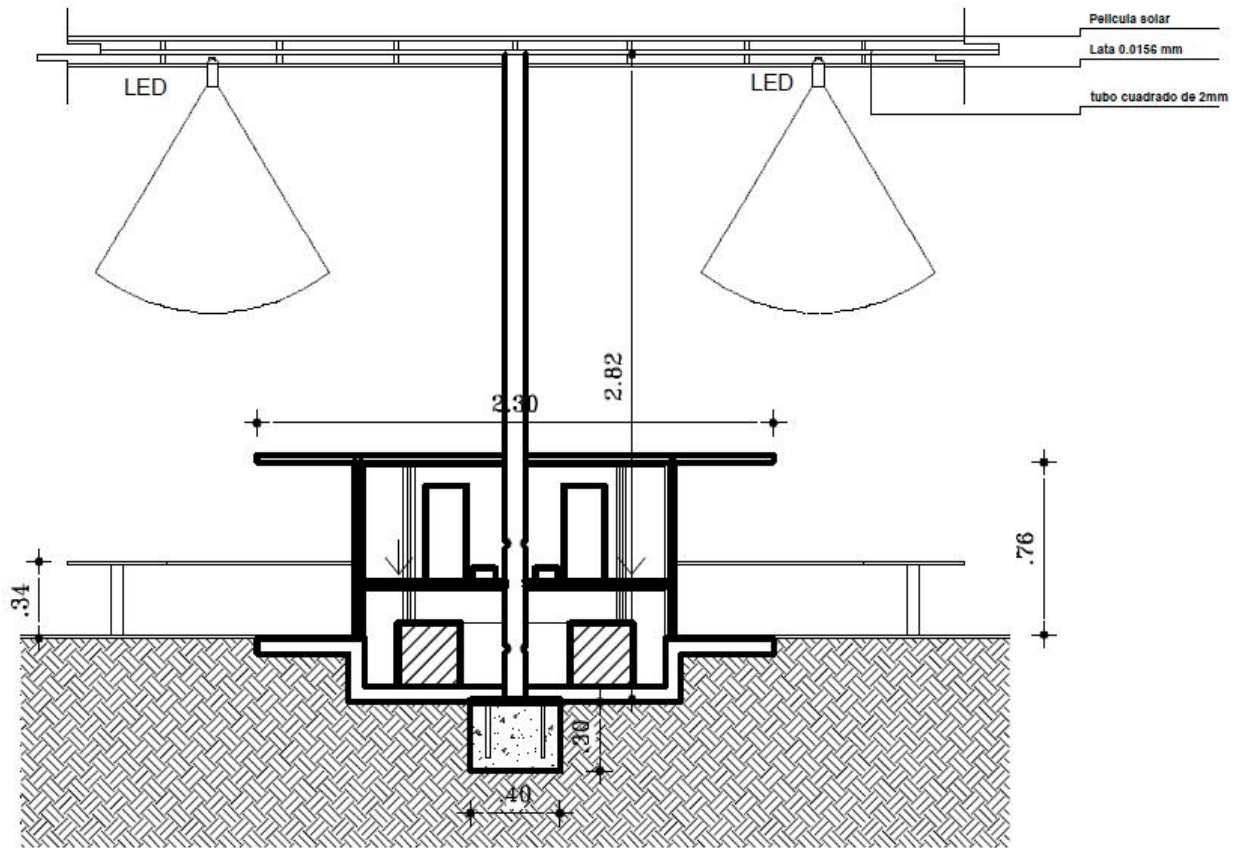


Fig.3. 2 Vista en corte de la estructura de la isla. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [17]

3.3 DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA ILUMINACIÓN EN LAS ISLAS DE DESCANSO

3.3.1 Parámetros luminotécnicos requeridos

Los parámetros luminotécnicos requeridos en la isla de descanso, se determinaron de acuerdo al método de flujo total para alumbrados exteriores [24], y, al método de los lúmenes o factor de utilitancia [25]. Según estos métodos para alumbrado exterior nocturno, se requiere entre 100 y 500 luxes de iluminancia media. Considerando las características de la aplicación, se decidió manejar una iluminancia media de 200 luxes.



3.3.2 Selección de la bombilla LED

Para la iluminación de la isla de descanso se seleccionó una bombilla LED modelo SP80B de 10W, 12-24 VCD/100-240 VCA, y, de 500 lm de luz blanca [26] (Ver Fig.3.3).



Fig.3. 3 Bombilla LED SP80B, 10 W a 110/220 AC

<http://www.proviento.com.ec/SP80Bec.pdf>

En la isla de descanso, la longitud es de 7.86 m, el ancho es de 4.20 m, y, la altura desde el techo a la superficie de trabajo es de 1.72 m.

3.3.3 Factor de utilización

El factor de utilización, se calcula a través de la expresión (1):

$$n = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_T} \quad (1)$$

En dónde,

$\Phi_{\text{útil}}$, es el flujo luminoso útil, lm

Φ_T , es el flujo luminoso de la lámpara, lm



$$n = \frac{300}{500}$$

$$n = 0.6$$

Considerando las condiciones medioambientales de la ubicación de la isla, el factor de mantenimiento f_m se estimó en 0.75 [24].

3.3.4 Flujo luminoso total

El flujo luminoso total, se determinó a través de la ecuación (2):

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{n f_m} \quad (2)$$

En dónde,

E_m , es la iluminancia media, lux.

S , es la superficie a iluminar, m^2

n es el factor de utilización

f_m , es el factor de mantenimiento

$$\Phi_T = \frac{200 \quad (16.5)}{0.6 \quad 0.75} = 7333 \text{ lm}$$

3.3.5 Número de luminarias necesarias

El número de luminarias necesarias, se aproximó con la ecuación (3):



$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_l} \quad (3)$$

En dónde,

n , es el número de lámparas por luminaria.

Φ_l , es el flujo luminoso de una lámpara.

$$N = \frac{7333}{1(500)} = 14$$

Por razones de diseño, se decidió ubicar 12 bombillas LED, 4 por cada área de trabajo en la isla de descanso (Ver Fig.3.4). La Fig. 3.5 muestra una visión tridimensional de la forma en que luciría la isla iluminada.

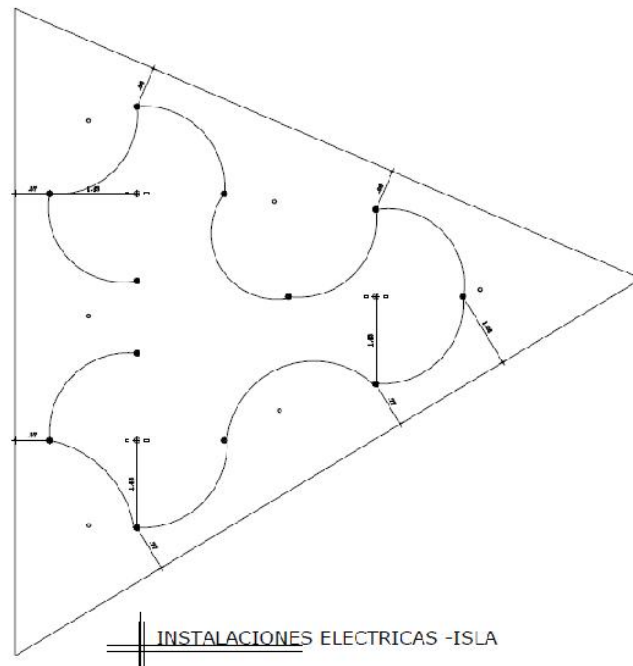


Fig.3. 4 Instalaciones eléctricas en isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Artes UTPL [17]



Fig.3. 5 Diseño isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Artes UTPL [17]

3.3.6 Carga eléctrica requerida para iluminar la isla

La Tabla 3.1 resume la carga eléctrica requerida para iluminar la isla, estimada en 120 W.

Tabla 3. 1 Demanda de energía para iluminación de la isla

Área	# de lámparas	Potencia consumida[W]
Área 1	4	40 W
Área 2	4	40 W
Área 3	4	40 W
Potencia total requerida		120W

3.3.7 Consumo diario de energía

El consumo diario de energía en las bombillas LED, considerando un régimen promedio de funcionamiento entre las 18h00 y las 22h00, se determina a través de la ecuación (4):

$$E_{cLED} = P_{tLED} * t \quad (4)$$

En dónde,



E_{CLED} , es la energía demandada, Wh/día

P_{tLED} , es la potencia total, W

t, es el tiempo de encendido, h

$$E_c = 120 W * 4 h$$

$$E_c = 480 Wh/día$$

3.4 DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA ALIMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS PORTABLES

Como principal dispositivo portable a alimentar en las islas de descanso, se identificó a los laptops de los estudiantes. En el diseño de la isla, se prevé la existencia de dos tomacorrientes dobles por cada área de trabajo, con un total de 12 tomas, distribuidas conforme a lo mostrado en la Fig. 3.6.

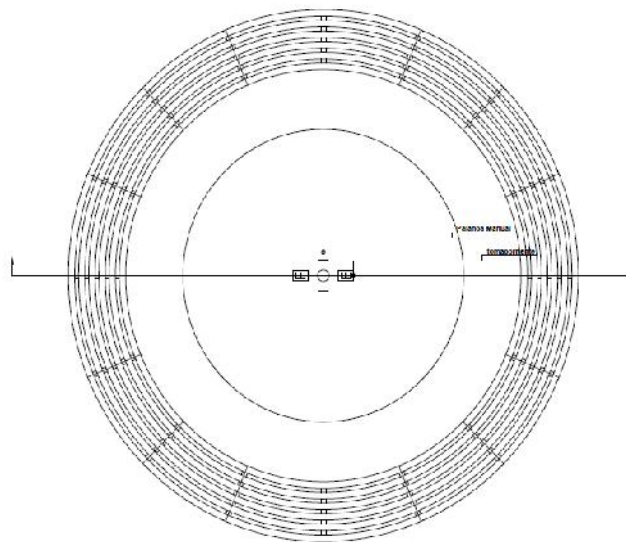


Fig.3. 6 Ubicación de tomacorrientes en un área de la isla de descanso. Departamento de Arquitectura y Artes UTPL [17]



3.4.1 Potencia total requerida

Considerando que cada laptop consume aproximadamente 250 W por cada hora de funcionamiento [5], la potencia total requerida se calcula a través de la ecuación (5):

$$P_{tcp} = P_{cp} * Np_{max} \quad (5)$$

En dónde,

Np_{max} , es el número máximo de equipos conectados

P_{cp} , es la potencia promedio de un computador portátil, W

$$P_{tcp} = 250W * 12$$

$$P_{tcp} = 3000W$$

3.4.2 El consumo diario de energía de las laptops

El consumo diario de energía de las laptops, en el período entre 08h00 y 22h00, se calculó mediante (6):

$$E_{cp} = P_{tcp} * t \quad (6)$$

En dónde,

E_{cp} , es la energía consumida, Wh/día

P_{tcp} , es la potencia total de computadores portátiles, W

t, es el tiempo de alimentación, h

$$E_{cp} = 3000W * 14horas$$

$$E_{cp} = 42000 Wh/día$$



3.5 DIMENSIONAMIENTO DE REQUERIMIENTOS TOTALES DE CARGA EN LA ISLA DE DESCANSO

3.5.1 Cálculo de la energía total requerida en la isla de descanso

A los requerimientos de carga para iluminación y para provisión de energía a los dispositivos portables, se les suma una reserva equivalente al 30 %, para cubrir cualquier demanda adicional. Por lo tanto, la energía total requerida en la isla de descanso, esta expresada por la ecuación (7):

$$E_r = E_c + Z_0 \quad (7)$$

En dónde:

E_r , es la energía resultante, Wh /día

E_c , es la energía de carga, Wh /día

Z_0 , es la energía de reserva (30%- E_c)

$$E_r = 55224 \text{ Wh/día}$$

3.5.2 Energía total requerida en la isla de descanso

La energía total requerida para alimentar la isla de descanso es de 55224 Wh/día



CAPÍTULO IV

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA PV PARA ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS DE LA UTPL Y CÁLCULO DE ELEMENTOS

4.1 INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de los elementos de un sistema PV, se sustenta en el requerimiento de energía de la carga, y, en la arquitectura propuesta para el sistema.

En términos generales, el proceso incluye algunas fases como el dimensionamiento de módulos fotovoltaicos, el dimensionamiento de banco de baterías, el dimensionamiento de inversores; el dimensionamiento de controlador de carga, dimensionamiento de conmutación, entre otros.

El proceso de dimensionamiento, incluye además la verificación del cumplimiento de normas técnicas para cada uno de los elementos del sistema PV.

Se describe el proceso de dimensionamiento de los elementos del sistema PV requerido para suministrar energía suficiente a una isla de descanso, diseñada para ser ubicada en el campus de la UTPL. Se parte de una arquitectura del sistema PV preliminar, que es modificada en función de los resultados del dimensionamiento. Se realiza la selección de equipos acorde a normas internacionales y a especificaciones técnicas, eléctricas y de operación de los equipos.

4.2 ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL SISTEMA PV

4.2.1 Diagrama de bloques del sistema PV propuesto

La Fig. 4.1 muestra el diagrama de bloques del sistema PV propuesto. El sistema consta un bloque de generación de energía fotovoltaica (BGPV), un bloque de almacenamiento de energía (STORAGE), un bloque de control (BC), una conmutación (X) entre el bloque de generación PV y la red pública eléctrica (EERSSA), u, bloque de



iluminación (BI), un bloque de fuerza (BF), un bloque de reserva (BR), y, un bloque de timer (t1 y t2).

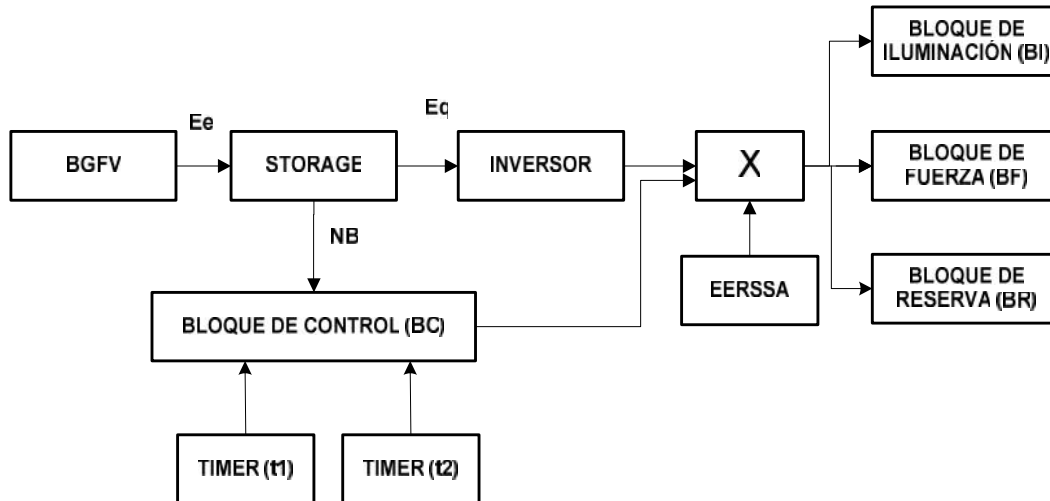


Fig.4. 1 Diagrama de bloques del sistema PV propuesto originalmente.

Realizado por el autor

4.2.2 Funcionamiento del sistema PV propuesto

La alimentación del sistema de iluminación LED, y, la alimentación de laptops y otros dispositivos, proviene de un sistema de abastecimiento de energía híbrido, que combina la energía solar y la energía proveniente de la red eléctrica.

En el BGPV, la captación de energía solar se hace en módulos CIGS, que proporcionan corriente directa (CD) a 12 V. La energía eléctrica generada se almacena en una batería, para su posterior utilización [31]. Un inversor convierte la CD en corriente alterna (AC) a 110 V.

El BC decide sobre la alimentación de la carga, ya sea desde el sistema PV, o, de la red pública eléctrica. La decisión sobre el origen de la energía para iluminación se basa en dos variables: el nivel de la batería (NB), y, el valor del timer (t1). Sobre la alimentación



de las tomas de fuerza, se decide en función del nivel de batería (NB), y, del valor del timer (t2).

Si la señal NB muestra que existe una reserva suficiente de energía en la batería, la carga se alimenta de esta fuente, caso contrario el BC alimenta al sistema desde la red pública.

La señal de timer proveniente de un PLC. Esta señal permite el encendido de la iluminación entre las 18h00 y las 22h00, y, alimenta la toma de fuerza entre las 08 h 00 y las 22 h 00.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DEL SISTEMA PV PROPUESTO

4.3.1 Bloque de generación de energía

El cálculo de elementos de este bloque, combina la determinación de la energía solar disponible, y, la cuantificación de la energía requerida por la carga.

La Tabla 4.1 resume los resultados obtenidos [32] al cuantificar la energía requerida para iluminarias, tomas de fuerza, y, reserva (30%), en cada isla.

Tabla 4. 1 Resumen de Consumo de energía para la isla de descanso [32]

Iluminación Periodo: 18h00/ 22h00	480Wh/día
Fuerza Periodo: 08h00/ 22h00	42000 Wh/día
Reserva de energía (30%)	12744 Wh/día
Consumo total de energía	55.224 Wh/día 1656.720 kWh/mes 604702.8 KWh/año

El cálculo del número óptimo de módulos fotovoltaicos y de otros elementos del sistema, se basó en la metodología del cálculo explicada en la bibliografía [33] y en el Atlas Solar del Ecuador del CONELEC [34].



4.3.2 Carga CA transformada en CD

La carga CA se transforma en CD, para estandarizar cálculos posteriores, con ayuda de la expresión (8). El factor 1.05, cubre un 5% de pérdidas en el proceso de conversión.

$$CT_{CD} = CT_{CA} * 1.05 \quad (8)$$

En dónde,

CT_{CD} , total de carga en CD, Wh/día

CT_{CA} , total de carga en CA, Wh/día

$$CT_{CC} = 55224 \frac{Wh}{día} * 1.05$$

$$CT_{CC} = 57985.2 \frac{Wh}{día}$$

4.3.3 Intensidad de corriente diaria

Conociendo la carga total diaria, y, la tensión del sistema PV, a través de la expresión (9), se estima la intensidad de corriente diaria I_{CD} .

$$I_{CD} = \frac{CT_{CD}}{V_{CD}} \quad (9)$$

En dónde,

I_{CD} , intensidad de corriente diaria, Ah

V_{CD} , tensión del sistema fotovoltaico, V



$$I_{CD} = \frac{57985.2 \text{ Wh/día}}{12V}$$

$$I_{CD} = 4832.1 \text{ Ah}$$

4.3.4 Carga de corriente corregida

La carga de corriente corregida I_{CDa} , se obtiene al multiplicar el valor de I_{CD} por un factor de seguridad del sistema, equivalente al 5% (10):

$$I_{CDa} = I_{CD} * 1.05 \quad (10)$$

En dónde,

I_{CDa} , carga de corriente corregida, Ah

$$I_{CDa} = 4832.1 \text{ Ah} * 1.05$$

$$I_{CDa} = 5073.705 \text{ Ah}$$

4.3.5 Corriente pico del sistema

La corriente pico I_p del sistema se define a través de la ecuación (11). De acuerdo al Atlas Solar del Ecuador [34], la radiación solar media I_{CDm} en Loja, es del orden de 4.84 KWh/m²/día. Por lo tanto:

$$I_p = \frac{I_{cca}}{I_{CDm}} \quad (11)$$

En dónde,

I_{CDm} , radiación solar media, KWh/m²/día

I_p , corriente pico, A



$$I_p = \frac{5073.705 \text{ Ah}}{4,84 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} / \text{día}}$$

$$I_p = 1048,28 \text{ A}$$

4.3.6 Arreglo de módulos fotovoltaicos

Conociendo la corriente pico I_p del sistema, y, la corriente pico del módulo PV seleccionado, se dimensiona el arreglo de módulos fotovoltaicos A_m , de acuerdo a (12). Para este proyecto, se seleccionó utilizar módulos tipo PowerFLEX BIPV 300 W [35].

$$A_m = \frac{I_p}{I_{pm}} \quad (12)$$

En dónde,

I_{pm} , corriente pico del módulo, A

$$A_m = \frac{1048,28 \text{ A}}{5.5 \text{ A}}$$

$$A_m = 190.59$$

4.3.7 Tensión CD resultante del sistema

La tensión CD resultante del sistema, se calcula con la expresión (13):

$$T_{CDR} = \frac{T_{CDS}}{T_{CDM}} \quad (13)$$

En dónde,



T_{CDR} , es la tensión CD resultante, V

T_{CDS} , es la tensión CD nominal del sistema, V (12V para este proyecto)

T_{CDM} , es la tensión CD nominal del módulo (54.3 V para los módulos seleccionados)

$$T_{CDR} = \frac{12V}{54.3V}$$

$$T_{CDR} = 0,22$$

4.3.8 Número total de módulos PV

El número total de módulos PV se determina a través de la ecuación (14):

$$Nm_f = Am * T_{CCR} \quad (14)$$

En dónde,

Nm_f , es el número de módulos fotovoltaicos

$$Nm_f = 190.59 * 0,22$$

$$Nm_f = 41.92$$

4.3.9 Resultados del dimensionamiento del sistema a 12 V

Por lo tanto, se requiere de 42 módulos fotovoltaicos CIGS, conectados en paralelo, para cubrir la carga prevista en la isla. La Tabla 4.2 resume los resultados del dimensionamiento del sistema a 12 V.



Tabla 4. 2 Dimensionamiento del sistema a 12 V. Realizado por los autores.

Dimensionamiento a 12 V		
Carga total en alterna (Wh/ por día)	$CT_{Ca}(Wh)$	55224
Carga total en continua (Wh/ por día)	$CT_{Cd}(Wh)$	57985.2
Tensión del sistema	$V_{CD}(V)$	12
Intensidad de corriente del sistema	$I_{CD}(Ah)$	4832.1
Intensidad de corriente corregida	$I_{CDa}(Ah)$	50.73.705
Radiación solar	$KWh / m^2 / dia$	4.84
Corriente pico del sistema	$I_p(A)$	1048.28
Corriente del panel fotovoltaico	$I_p(Ah)$	5.5
Número de módulos	(Ntm)	42

4.3.10 Bloque de storage de energía

El bloque de storage de energía almacena la energía eléctrica generada por los módulos PV. En este proyecto, se propone un storage electroquímico, a partir de baterías.

4.3.11 Capacidad nominal del banco de baterías

La capacidad nominal del banco de baterías, se obtiene de la expresión (15):

$$C_{nbb} = I_{CDa} * D_R \quad (15)$$

En dónde,

C_{nbb} , capacidad nominal de banco de baterías, Ah

D_R , período de reserva de energía, días

$$C_{nbb} = 5073.705 \text{ Ah} \quad 3$$

$$C_{nbb} = 15221.115 \text{ Ah}$$



4.3.12 Capacidad corregida del banco de baterías

La capacidad corregida del banco de baterías, se obtiene considerando una profundidad de descarga de 0.6, de acuerdo a la expresión (16):

$$C_{cbb} = \frac{C_{nbb}}{P_d} \quad (16)$$

En donde,

C_{cbb} , capacidad corregida de banco de baterías, Ah

P_d , profundidad de descarga

$$C_{cbb} = \frac{15221.115 \text{ Ah}}{0,6}$$

$$C_{cbb} = 25368.525 \text{ Ah}$$

4.3.13 Número de baterías requeridas

El número de baterías requeridas, conectadas en paralelo, se obtiene considerando la capacidad nominal de la batería [37], a través de la expresión (17):

$$A_b = \frac{C_{cbb}}{C_{nb}} \quad (17)$$

En dónde,

A_b , arreglo de baterías



C_{nb} , capacidad nominal de baterías, Ah

$$A_b = \frac{25368.525 \text{ Ah}}{265 \text{ Ah}}$$

$$A_b = 95.73$$

Los valores obtenidos para las principales características del sistema, muestran que la escasa viabilidad de la implementación de un sistema PV con la arquitectura propuesta, razón por la cual se propuso una nueva arquitectura del sistema.

4.4 REPLANTEAMIENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA PV Y CÁLCULO DE ELEMENTOS

Los resultados obtenidos en el dimensionamiento del sistema PV, muestran que por el número de módulos CIGS, baterías, y, otros elementos indispensables para el sistema, el diseño arquitectónico de la isla no puede albergar a todos ellos, Por esta razón, se planteó el re-diseño en el sistema, partiendo de la premisa de que el sistema PV alimenta sólo la carga de iluminación. Los otros requerimientos de energía serán atendidos desde la red pública.

4.4.1 Diagrama de bloques del sistema PV rediseñado

La Fig. 4.2 muestra el diagrama de bloques del sistema PV rediseñado. El sistema consta un bloque de generación de energía fotovoltaica (BGPV), un bloque de almacenamiento de energía (STORAGE), un bloque de control (BC), una conmutación (X) entre el bloque de generación PV y la red pública eléctrica (EERSSA) para alimentar el bloque de iluminación (BI) y el bloque de reserva para iluminación (BRI) del 30 %, y, un bloque de timer (t1).

Del bloque EERSSA se alimentara directamente el bloque de fuerza (BF), bloque de reserva de fuerza (BRF).

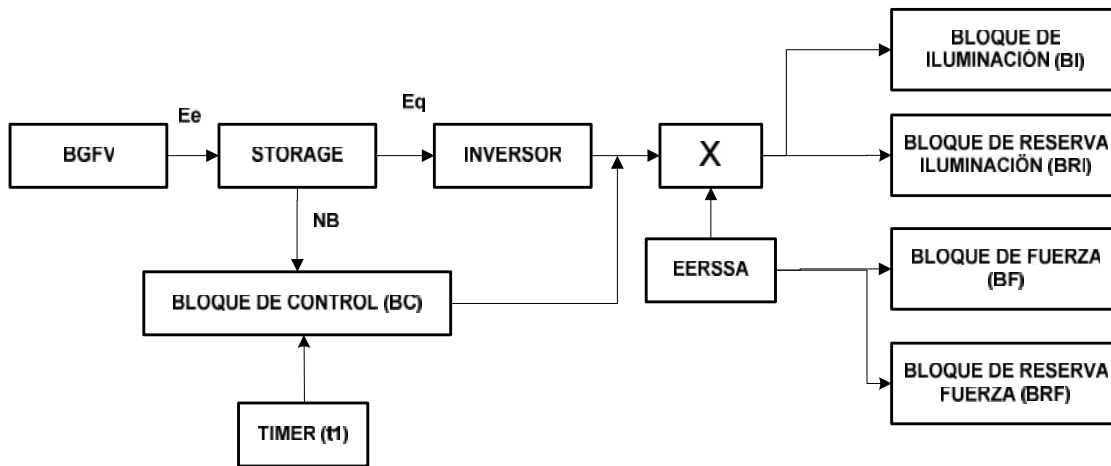


Fig.4. 2 Diagrama de bloques del sistema PV rediseñado.
Realizado por autor

4.4.2 Funcionamiento del sistema PV rediseñado

La alimentación del sistema de iluminación LED proviene de un sistema de abastecimiento de energía híbrido. En el BC existe un solo timer t1, que activa el encendido de las lámparas LED entre las 18h00 y las 22h00. La alimentación de las tomas de fuerza proviene de la red eléctrica pública.

4.4.3 Consumo de energía para la isla de descanso

La Tabla 4.3, resume los resultados obtenidos [32] al cuantificar la energía requerida para iluminarias, y, para cubrir una reserva del 30%, en cada isla.

Tabla 4. 3 Consumo de energía para la isla de descanso [32]

Iluminación Periodo: 18h00/ 22h00	480Wh/día
Reserva de energía (30%)	144 Wh/día
Consumo total de energía	624 Wh/día 18720 Wh/mes 6832.8 KWh/año

El dimensionamiento del sistema PV rediseñado, se realiza de acuerdo a la metodología y consideraciones explicadas en el apartado 3 de este trabajo, y, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 4.



4.4.4 Redimensionamiento del sistema a 12 V

Tabla 4. 4 Redimensionamiento del sistema a 12 V

Realizado por el autores

Dimensionamiento a 12 V		
Carga total en alterna (Wh/ por día)	$CT_{Ca}(Wh)$	624
Carga total en continua (Wh/ por día)	$CT_{Cd}(Wh)$	655.20
Tensión del sistema	$V_{CD}(V)$	12
Intensidad de corriente del sistema	$I_{CD}(Ah)$	54.6
Intensidad de corriente corregida	$I_{CDa}(Ah)$	57.33
Radiación solar	$KWh / m^2 / día$	4.84
Corriente pico del sistema	$I_p(A)$	11.84
Corriente del panel fotovoltaico	$I_p(Ah)$	5.3
Número de módulos	(Ntm)	2

4.4.5 Redimensionamiento del bloque de storage de energía

4.4.6 Capacidad nominal del banco de baterías

La capacidad nominal del banco de baterías se determina mediante la expresión (15):

$$C_{nbb} = 57.33 Ah * 3$$

$$C_{nbb} = 171.99 Ah$$

4.4.7 Capacidad corregida del banco de baterías

La capacidad corregida del banco de baterías, se obtiene considerando una profundidad de descarga de 0.6, de acuerdo a la expresión (16):



$$C_{cbb} = \frac{171.99 \text{ Ah}}{0,6}$$

$$C_{cbb} = 286.65 \text{ Ah}$$

4.4.8 El número de baterías requeridas

El número de baterías requeridas, conectadas en paralelo, se obtiene considerando la capacidad nominal de la batería [37], a través de la expresión (17):

$$A_b = \frac{286.65 \text{ Ah}}{115 \text{ Ah}}$$

$$A_b = 2.49$$

El número de baterías en paralelo necesarios para almacenar la energía proveniente de los módulos fotovoltaicos es de 3.

4.4.9 Redimensionamiento del bloque de inversor y regulador

4.4.10 Capacidad del inversor

Para el dimensionamiento del inversor se considera una carga máxima pico de 120W. La capacidad máxima continua CA del inversor debe ser mayor a este valor. Se seleccionó un inversor TEP-300W 12VDC/110VAC [38], con una capacidad máxima continua de 300W.

4.4.11 Capacidad del regulador

La capacidad del regulador se obtiene de la producción en Ah de los módulos PV. Para un módulo de 82 W, la capacidad del regulador es del orden de 164 W. Mediante la expresión (17) se determina la corriente máxima.



4.4.13 Rediseño del bloque de conmutación

Este bloque permitirá la transferencia entre la red eléctrica pública y el SSFV (con banco de baterías conectado a un inversor). La Fig. 4.4 muestra el diagrama en bloques de un sistema de este tipo.

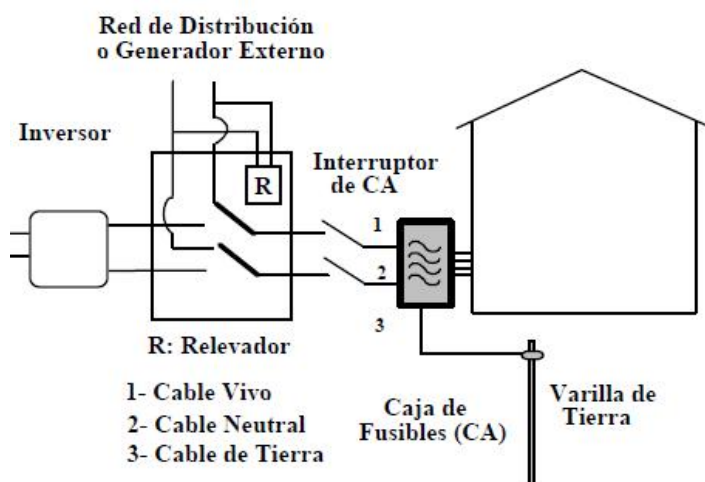


Fig.4. 4 Sistema FV Híbrido con conmutador automático [41]

<http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch11.pdf.pdf>

La conmutación será automática. La llave conmutadora estará activada por el relevador (R), que está permanentemente conectado a la fuente externa. Cuando ésta es activada, el conmutador conecta la carga a la misma. Durante las horas en que permanece inactiva el relevador vuelve a su posición de reposo, reconectando la salida del inversor al circuito de entrada de la isla de descanso [41].

4.4.14 Selección de módulos PV de lámina delgada

Se seleccionó el modelo de módulos fotovoltaicos CIGS PowerFLEX BIPV 82/90/100 W (Ver Fig. 4.5)



4.4.15 Normas internacionales para módulos PV de lámina delgada

Los módulos PV de lámina delgada a utilizar deberán cumplir con las especificaciones de las normas UL 1703, IEC/EN 61646, e, IEC/EN 61730.

4.4.16 La norma UL 1703

La norma UL 1703, analiza la correspondencia con el Código Eléctrico Nacional (NEC) y con las recomendaciones de la Asociación Nacional para la Prevención de Incendios (NFPA) en USA, sobre operación segura eléctrica y mecánica a lo largo de la vida útil, y, respecto a pruebas de eficiencia de módulos del 90% o más de la potencia especificada por el fabricante [42] (Ver Tabla 4.5-4.6).



Fig.4. 5 Láminas Fotovoltaicas: Power Flex BIPV 82/90/100 W

http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf



Tabla 4. 5 Especificaciones eléctricas de las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [36].
http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Parámetro	PowerFLEX BIPV 82 W
Capacidad	82 W
Tolerancia (P_{max})	$\pm 7\%$
Eficiencia	10.4%
Tensión Nominal (V_{mpp})	15.5V
Corriente Nominal (I_{mpp})	5.3 A
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	20.9 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	6.2 A

Tabla 4. 6 Especificaciones mecánicas de las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [36]

http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Parámetro	PowerFLEX BIPV 300 W
Dimensiones	2.017 x 0.495x 0.0035 m
Peso	3.3 Kg
Materiales	Sin plomo y exentos de los requisitos RoHS
Tipo de célula	36 CIGS cells (210 x 100 mm)
Tiempo de vida estimado	Aproximadamente de 20 a 25 años

4.4.17 Norma IEC/EN 61646

La norma IEC/EN 61646 exige el cumplimiento con prueba para certificar la degradación del comportamiento del silicio amorfo debido a la temperatura y la exposición a la radiación (Ver tabla 4.7-4.8).

Tabla 4. 7 Condiciones de operación de las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [36]

http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Parámetro	PowerFLEX BIPV 82W
Rango de temperatura	-40°C a + 85°C
Tensión máxima del sistema	1000VDC IEC, 600VDC UL



Tabla 4. 8 Rendimiento con poca luz las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [36]

http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Intensidad	Eficiencia Relativa
1000 W / m^2	100%
500 W / m^2	99%
200 W / m^2	91%

4.4.18 Norma IEC/EN 61730

La norma IEC/EN 61730 exige la realización de dos pruebas. La primera examina el cumplimiento de los requisitos para la construcción y las diferentes características de construcción obligatoria de los módulos. La segunda, define tres clases diferentes de aplicación del diseño de un módulo, especificando el tipo de uso, las pruebas de cualificación y los relacionados con las modificaciones resultantes de clase de seguridad eléctrica [42].

4.4.19 Selección de las baterías

La selección del tipo de batería considera parámetros como la capacidad de almacenamiento, carga, descarga, estado de carga, ciclo de vida, profundidad de descarga, entre otros [37]. Se seleccionó una batería modelo Millenium 31DC115/ 12 V (Ver Tabla 4.9)

Tabla 4. 9 Especificaciones eléctricas de la Bateria Millenium 31DC115 [37]

<http://www.proviento.com.ec/31-DC-115.pdf>

Parámetro	Bateria Millenium 31DC115
Modelo	31DC115
Capacidad (20h)	115Ah
Voltaje	12V
Tamaño	0.127x0.329x0.236 m
Característica de carga	Recarga desde el 20-40% de descarga
Ciclo de vida	200(80%)-1200 (25%) ciclos
Profundidad de descarga	0.6
Duración	3-6 años



4.4.20 Selección del controlador de carga

El controlador de carga deberá contribuir a:

- Dirigir la electricidad generada en los módulos FV hacia la batería, en caso que haya un exceso de potencia solar.
- Impedir daños en los cables y evitar cortocircuitos en todo el SFD.
- Proteger contra polaridad inversa
- Proteger la(s) batería(s) de los riegos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la salida de corriente de la batería a la carga evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido [43].

Se seleccionó un controlador de carga tipo ProStar PS-15A [39] (Ver Tabla 4.10).

Tabla 4. 10 Especificaciones técnicas del controlador de carga ProStar PS-15A [38]
http://www.proviento.com.ec/PS_DataSheet.pdf

Parámetro	ProStar PS-15A
Modelo	PS-15
Corriente nominal del panel solar	15 A
Corriente nominal de la carga	15 A
Tensión del sistema	12/24V
Voltaje de entrada de carga de batería (líquido)	14.4V
Desconexión de la carga	11.4V
Reconexión de la carga	12.6V
Selección del tipo de batería	Gel, sellada, o con líquido
Protecciones eléctricas	Cortocircuito Sobrecarga Polaridad invertida Corriente invertida por la noche Desconexión por alta tensión Desconexión por alta temperatura
Carcasa a prueba de agua	IP10
Temperatura de funcionamiento	- 30°C a + 85°C
Autoconsumo	22mA
Dimensiones	0.105x0.55x0.62 m
Peso	0,34Kg
Vida útil	15años



4.4.21 Selección del inversor

La selección del inversor implica que la salida de un SFD sea cambiada de bajo voltaje (12V ó 24V DC) a 110/220V AC, 50 ó 60 Hz.

Se seleccionó un inversor modelo TEP-300W [38] (Ver Tabla 4.11). El modelo seleccionado cumple con los estipulado en las normas de la AENOR: UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006 (sobre características de las perturbaciones radioeléctricas en equipos, límites y métodos de medida [44]), UNE-EN 55024:1999 (sobre características de inmunidad. Límites y métodos de medida [45]), UNE-EN 61000-3-3:2009 y 61000-3-2:2006/A1:2010 (sobre compatibilidad electromagnética CEM [46], [47]).

Tabla 4. 11 Especificaciones técnicas del inversor TEP-300W 12VDC/110VAC [38]

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/300w-12vdc-to-110vac-off-grid-solar-power-inverter-558883666.html>

Parámetro	TEP-300W
Modelo	TEP-300W
Voltaje de entrada de C.C	12V
Voltaje de salida de C.A	100/110/120VAC
Corriente sin carga	0.5 A
Frecuencia de la salida de C.A	50/60Hz
Forma de onda de la salida de C.A	Onda seno pura
Eficacia	88%
Gama de voltaje de entrada de C.C	10.5-15V
Alarma de baja tensión	$10.5 \pm 0.3V$
Parada de tensión	$10 \pm 0.3V$
Sobre la protección de voltaje	$15.5 \pm 0.5V$
Recuperación de baja tensión	$12 \pm 0.5V$
Dimensiones	0.220x0.118x0.155 m
Peso	1.8 Kg
Vida útil	15 años

4.4.22 Selección del conmutador

Se seleccionó un conmutador modelo VAC2/S-15E [44] (Ver Tabla 4.12)



Tabla 4. 12 Especificaciones técnicas del conmutador VAC2/S-15E [18]<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1008/0900766b81008d12.pdf>

Parámetro	Conmutador VAC2/S-15E
Modelo	VAC2/S-15E
Corriente RMS máx.	15 A
Frecuencia	50/60 Hz
Fuente principal	110VAC/230VAC
Temperatura recomendada	70° C

4.4.23 Selección de cables eléctricos

Debido a que el voltaje del sistema PV es de 12 VCC, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje de 110 ó 220 VCA. Por lo tanto, deben usarse cables mucho más gruesos. El cable seleccionado es el AWG14 (Ver Tabla 4.13).

Tabla 4. 13 Calibre de alambre estadounidenses AWG [49]

http://es.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense

Parámetro	Cable AWG
Área	1.628
Diámetro	2.08 mm^2
Corriente permisible en cobre 60°	15 A
Voltaje	12V
Potencia generada	180W
AWG	14



CAPÍTULO V

PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO PARA PROVISIÓN DE ENERGÍA A ISLAS DE DESCANSO EN EL CAMPUS DE LA UTPL

5.1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta los resultados de dimensionar el presupuesto de implementación de un sistema híbrido para la provisión de energía en islas de descanso proyectadas para el campus San Cayetano de la UTPL. Para la elaboración del presupuesto, se consideró los costos de equipos y materiales, los costos de instalación, los costos de mantenimiento, y, los costos de explotación [50].

Este trabajo se basa en los resultados obtenidos en las fases de diseño, y, de dimensionamiento de carga y de equipos para el sistema híbrido para provisión de energía.

5.2 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

5.2.1 Costos de implementación

Bajo el rubro costos de equipos se incluye la inversión en la adquisición de módulos fotovoltaicos CIGS, controlador de carga, inversor, batería, conmutador, lámparas LED, cableado, etc.

Establecidas sus características técnicas, los elementos a adquirir, fueron seleccionados de distintos proveedores. La Tabla 5.1, resume la inversión requerida en este rubro.



Tabla 5. 1 Costos de equipos del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso [51-56]

Equipo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio Total (USD)
Laminas Power Flex BIPV 82 W	2	182.00	364.00
Bateria Millenium 31DC115	3	265.00	795.00
Controlador de carga ProStar PS-15A	1	150.00	150.00
Inversor TEP-300W 12VDC/110VAC	1	40.00	40.00
Conmutador VAC2/S-15E	1	70.00	70.00
Bombilla LED SP80B/10W	12	40.00	480.00
		Total (USD)	1.899

5.2.2 Costos de instalación

El rubro **costos de instalación** incluye montaje, conexiones de equipos e instalación (Ver Tabla 5.2).

Tabla 5. 2 Costos de instalación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso [57] [58]

Equipo	Instalación	Precio total (USD)
Laminas Power Flex BIPV 82 W	<ul style="list-style-type: none"> Los paneles se adhieren a los techos con un adhesivo fuerte (masilla de butilo) en la parte posterior o a través de otros sistemas de montaje diseñados. 	200.00



Tabla 5.2

Costos de instalación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso [57] [58] [59]
Continuación....

Equipo	Instalación	Precio total (USD)
Controlador de carga ProStar PS-15 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de el regulador respetando las polaridades • Montaje del regulador sobre una base de madera, prensando con tornillos de madera. • Ubicación del controlador en el interior de la isla en un lugar visible, para vigilar el estado de las señales luminosas, a una altura mínima de 1.50 m. • Instalación de un interruptor termo magnético de 10A o una caja porta fusibles para la protección del regulador. 	100.00
Bateria Millenium 31DC115	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de la batería respetando las polaridades • Instalación de la batería encima de una madera, en un lugar protegido de la intemperie, seco y ventilado para evitar la acumulación de gases que se desprenden en el proceso de carga. • Conexión del cable (positivo y negativo) procedente del módulo a las conexiones del regulador en el lugar de batería, respetando las polaridades. 	100.00
Inversor TEP-300W 12VDC/110VA C	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión del inverso respetando las polaridades 	100.00
Conmutador VAC2/S-15E	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión del conmutador 	100.00
Bombilla LED SP80B/10W	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de los cables al soquete respetando las polaridades, para que no produzca un corto circuito • Conexión de interruptor con el cable de la luminaria. 	100.00
Total (USD)		700.00



5.2.3 Costos de mantenimiento

Al rubro **costos de mantenimiento**, se relacionan los costos de limpieza de impurezas y de polvo en los módulos PV durante su vida útil [50], y, la comprobación del estado de otros equipos [8] [9] (Ver Tabla 5.3).

Tabla 5. 3 Costos de mantenimiento del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso [57] [58]

Equipo	Mantenimiento	Costo anual (USD)
Laminas Power Flex BIPV 82 W	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de polvo y suciedad. • Inspección de limpieza y ajuste de las conexiones • Evitar sombras. 	200
Bateria Millenium 31DC115	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener los bornes engrasados para evitar la sulfatación y asegurar un buen contacto con las conexiones. • Limpieza de bornes si estuviera sucio o sulfatado. • Mantener limpia la batería 	50
Controlador de carga ProStar PS-15A	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del funcionamiento correcto de sus indicadores luminosos y fusibles de protección. • Verificación de las conexiones de los cables de modulo, de la batería y de la carga. 	50
Inversor TEP-300W 12VDC/110VAC	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc. 	50
Conmutador VAC2/S-15E	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del funcionamiento correcto del conmutador 	50
Bombilla LED SP80B/10W	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de lámparas • Limpieza de lámparas 	50
Total (USD)		450.00



5.2.4 Costos de explotación

Bajo el rubro **costos de explotación**, se incluyen la reposición de baterías para un periodo de 20 a 25 años, período equivalente al tiempo de vida útil de los módulos fotovoltaicos (Ver Tabla 5.4).

Tabla 5. 4 Costos de explotación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso

Bateria Millenium 31DC115	Banco de baterías
Periodo de reposición	Cada 6 años
Costo aproximado en 20 años	3.180

5.2.5 Resume los costos totales de implementación del sistema

La tabla 5.5, resume los costos totales de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso.

Tabla 5. 5 Costos totales de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso.

Costos de equipos (USD)	1899.00
Costos de instalación (USD)	700.00
Costos de mantenimiento (USD)	450.00
Costos de explotación (USD)	3180.00
Imprevistos, 5%	311.45
Inversión total (USD)	6540.45



CONCLUSIONES

- Una isla de descanso, o, isla de estancia, es un espacio semiabierto con diferentes formas y geometrías representativas, las cuales dan como resultado una estancia múltiple. Este tipo de espacios proporcionan libertad, tanto visual como de movilidad.
- Se puede afirmar que las islas de descanso permiten conjugar una serie de iniciativas, tales como el uso de materiales reciclados, o, el aprovisionamiento de energía desde fuentes renovables o sistemas híbridos.
- En una isla de descanso ubicada en el campus universitario, que en el marco de este trabajo denominamos isla del conocimiento, los estudiantes demandarían energía para alimentar dispositivos electrónicos, que soporten sus actividades académicas y personales.
- En el marco de este proyecto, se ha propuesto lograr que la tecnología de aprovisionamiento de energía, se incluya de forma integral en el diseño arquitectónico de la isla.
- Se busca minimizar el impacto visual de la incorporación de las fuentes de energía renovable, en la estética arquitectónica de la isla de descanso.
- El uso de módulos fotovoltaicos para aprovechar la energía del Sol, presenta dos problemas a los usuarios: el impacto visual, y, la carga estructural en los techos. Una opción interesante para minimizar estos problemas lo constituyen las células fotovoltaicas de película delgada, basadas en micro estructuras CIGS. Los paneles CIGS son una solución liviana, resistente a los vientos, y, muy económica.
- La utilización de aerogeneradores de eje vertical, permite optimizar el uso del espacio físico.
- Los árboles eólicos son propuestas interesantes para capturar la energía eólica a través de “parques eólicos” que se ajusten a espacios reducidos, que no produzcan ruidos, y, que se incorporen estéticamente al entorno.
- En la propuesta arquitectónica del DAA se plantea la construcción de cuatro islas del conocimiento, distribuidas en el área contigua al monumento conocido como



La Cruz, comprendida entre el Octógono y el edificio de aulas 3 en el campus de San Cayetano.

- El diseño arquitectónico de las islas de descanso esta basado en el concepto de arquitectura orgánica, es decir, su estructura pretende formar parte del entorno. Su edificación y mobiliario son compactos, su diseño es semiabierto, estético y funcional.
- Cada isla de descanso esta ideada de tal manera que en ella se integre tecnología para la generación de energía limpia. En las islas se propone un sistema hibrido a través de módulos fotovoltaicos y de la energía de la red eléctrica, el cual le permitirá alimentar equipos electrónicos portables de bajo consumo, e iluminación.
- Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico, la isla cuenta con contenedores para albergar diferentes equipos, además de canalización subterránea para la conmutación con la red eléctrica.
- La potencia requerida por la isla de descanso, se determinó en base al número de luminarias a instalar, al requerimiento de potencia en las tomas a instalar por computador portátil, y, a una reserva de energía del orden del 30% en caso de conectar algún otro dispositivo.
- El requerimiento de energía consumida por las bombillas LED, es de 480 Wh/día, considerando que las bombillas se encenderán en periodo entre las 18h00 y las 22h00.
- El requerimiento de energía consumida por doce laptops, es de 42000 Wh/día, considerando que las laptops estarán conectadas entre las 08h00 y las 22h00.
- La demanda total de energía, se estima entonces en 55224 Wh/día.
- Para cumplir con la demanda de energía requerida por la isla de descanso, se plantea que la energía suministrada a la isla provenga de un sistema híbrido utilizando energía solar y de la energía de la red eléctrica pública.
- Los resultados obtenidos bajo el supuesto de que el sistema PV aporta con energía tanto al sistema de iluminación como a las tomas de fuerza, muestran que esto es irrealizable por el número de equipos requeridos.



- Un rediseño del sistema para aportar con energía a la iluminación, considerando una reserva de energía del 30%, permitió la viabilidad técnica y económica del sistema.
- Para cumplir con el objetivo reformulado, se requiere de dos módulos fotovoltaicos CIGS, y, de tres baterías en paralelo.
- La selección de los módulos CIGS se efectuó en función de las normas UL 1703, IEC/EN 61646, y, IEC/EN 61730.
- La selección del inversor se basa en las normas AENOR, UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006; UNE-EN 55024:1999; UNE-EN 61000-3-2:2006/A1:2010; UNE-EN 61000-3-3:2009
- Para la selección de baterías, controladores de carga, y, conmutadores, se consideraron las especificaciones técnicas, mecánicas y de operación.
- Para calcular los costos de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso, se consideró los costos de equipos y materiales, costos de instalación, costos de mantenimiento, y, costos de explotación.
- La inversión total para implementar una isla de descanso en el campus San Cayetano de la UTPL es de 6540,45 USD.



REFERENCIAS

- [1] "Ideas jóvenes". Islas de estancia universitarias. Escuela de Arquitectura. UTPL
- [2] Rogelio Aguilar. Lorian Araya. Estiben Brenes. Ivana Murillo. "El proyecto Eco Boulevard S2S, Costa Rica". Universidad Latina de Costa Rica. [Online]: Disponible en: <<http://www.revistaseccion.com/portada/construccion-bioclimatica/48-construccion/1004-el-proyecto-eco-boulevard-s2s-en-atenas-costarica.html>> [Consulta Mayo de 2012].
- [3] "El aerogenerador instalado en el CIRCE permite abastecer viviendas mediante energías renovables". El Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza. [Online]. Disponible en: <<http://www.innovaticias.com/energia/6038/aerogenerador-instalado-circe-permite-abastecer-viviendas-mediante-energias-renovables>> [Consulta Mayo de 2012]
- [4] "SOLAR IVY: Una enredadera de Energía solar". Paisajismo Digital [Online]: Disponible en: <<http://paisajismodigital.com/blog/?p=4660>> [Consulta Mayo de 2012].
- [5] "SOLAR IVY: Enredadera de energía solar". [Online]: Disponible en: <<http://nadanoslibradeescorpio.blogspot.com/2011/09/solar-ivy-enredadera-de-energia-solar.html>>
- [6] No se reconoce autor. "Láminas fotovoltaicas". [Online]: Disponible en: <<http://www.energiafotovoltaica.ws/aplicaciones/laminas-fotovoltaicas.html>> [Consulta Mayo de 2012].
- [7] "Paneles fotovoltaicos orgánicos y CIGS". [Online]: Disponible en: <http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/1_Nuevas_Tecnologias_Solares/16_Paneles_fotovoltaicos_organicos_y_CIGS.html> [Consulta Mayo de 2012].
- [8] "Proyecto SIMEC CHILE SRL". [Online]: Disponible en: <http://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602> [Consulta Mayo de 2012].
- [9] Martin Cagliani. "Cargadores solares de batería". Blog de energías renovables. [Online]: Disponible en: <<http://erenovable.com/cargadores-solares-de-baterias/>> [Consulta Mayo de 2012]
- [10] No se reconoce autor. "Turbina eólica de eje vertical Wind Tulip, una escultura en movimiento". [Online]. Disponible en: <<http://generatuenergia.com/2011/11/14/minimolino-eolico-tipo-savonius-wind-tulip-generacion-energia-sostenible-distribuida/>>. [Consulta Junio de 2012].
- [11] "Wind Tulip". Leviathan Energy. [Online]. Disponible en: <<http://www.leviathanenergyinc.com/wind-tulip.html>>. [Consulta Junio de 2012].
- [12] "Mini-turbina eólica de eje vertical Revolver genera energía donde la necesites". [Online]. Disponible en: <<http://generatuenergia.com/2012/03/08/revolver-aerogenerador-portatil-plegable-de-eje-vertical-para-zonas-remotas/>>. [Consulta Junio de 2012].



- [13] Bridgette Meinhold. "Power Flower Wind Turbine Trees Could Domesticate Wind Energy". Inhabit [Online]. Disponible en: <<http://inhabitat.com/power-flower-wind-turbine-trees-could-domesticate-wind-energy/>>. [Consulta Junio de 2012].
- [14] No se reconoce autor. "Power Flowers, árbol de turbinas eólicas que genera energía eléctrica cercana". [Online]. Disponible en: <<http://generatuenergia.com/2012/01/20/power-flowers-arbol-de-mini-molinos-eolicos-generacion-energia-distribuida-cercana/>>. [Consulta Junio de 2012].
- [15] P. Fierro; J. Jaramillo. "Una aproximación al uso de islas de descanso en campus universitarios". Universidad Técnica Particular de Loja.
- [16] No se reconoce autor. "Ideas para parques eco- amigables". [Online]: Disponible en: <<http://depuertoricopalmundo.blogspot.com/2011/03/ideas-para-parques-eco-amigables.html> > [Consulta Julio de 2012]
- [17] M. Delgado; E. Córdova. "Diseño de Tipo Isla del Conocimiento". Departamento de Arquitectura y Arte. Universidad Técnica Particular de Loja.
- [18] "Arquitectura orgánica: armonía entre construcción y naturaleza". [Online]: Disponible en: <<http://www.altonivel.com.mx/arquitectura-organica-armonia-entre-construccion-y-naturaleza.html> > [Consulta Julio de 2012]
- [19] Frank Lloyd Wright. "La arquitectura orgánica". [Online]: Disponible en: <<http://www.universoarquitectura.com/la-arquitectura-organica/> > [Consulta Julio de 2012]
- [20] Julio Rodríguez. "Estructura triangular y membranas". [Online]: Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/49006050/ESTRUCTURA-triangular-y-menbranas> > [Consulta Julio de 2012]
- [21] No se reconoce autor. "Descripción Constructiva de las Fachadas". [Online]: Disponible en: <http://www.construmatica.com/construpedia/Descripci%C3%B3n_Constructiva_de_las_Fachadas._Ficha_de_Reconocimiento>
- [22] No se reconoce autor. "Cableado subterráneo". [Online]: Disponible en: <<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CG0QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fsedesol2008.sedesol.gob.mx%2Farchivos%2F10050203%2FFile%2F6qro.pps&ei=dAYQUOm1F4-C8ASw0oGIaw&usq=AFQjCNGLIc7tt1pCTPIzzy08PoyZaWndGw>>
- [23] No se reconoce autor. "La instalación eléctrica de la vivienda". [Online]: Disponible en: <<http://ticd.files.wordpress.com/2011/02/tema-6-instalaciones-elc3a9ctricas-en-viviendas-alumnos.pdf> > [Consulta Julio de 2012].
- [24] No se reconoce autor. "Luminotecnia: Método del flujo total". [Online]: Disponible en: <<http://www.tuveras.com/luminotecnia/interior.htm> > [Consulta Julio de 2012].
- [25] "Método de los lúmenes o factor de utilización". [Online]: Disponible en: <<http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-exterior/vias-publicas-calculo.html> > [Consulta Julio de 2012].
- [26] "Bombilla LED SP80B,". ProViento S.A [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/SP80Bec.pdf>> [Consulta Julio de 2012].



- [27] No se reconoce autor. "Consumo indicativo de algunos artefactos eléctricos: computadora". [Online]: Disponible en: <[http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/consumos.pdf/\\$FILE/consumos.pdf](http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/consumos.pdf/$FILE/consumos.pdf)> [Consulta Julio de 2012].
- [28] A. Barraqueta, J. Jaramillo. "Energías renovables para la potenciación de islas de descanso en el nuevo Campus de A UTPL". [Online]: Disponible en: <<http://cepra.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3027/1/Tesis%20Barraqueta%20Mendieta%20Astrid%20Eunice.pdf>> [Consulta Julio de 2012].
- [29] No se reconoce autor. "La instalación eléctrica de la vivienda". [Online]: Disponible en: <<http://ticd.files.wordpress.com/2011/02/tema-6-instalaciones-elc3a9ctricas-en-viviendas-alumnos.pdf>> [Consulta Julio de 2012].
- [30] No se reconoce autor. "Cableado subterráneo". [Online]: Disponible en: <<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CG0QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fsedesol2008.sedesol.gob.mx%2Farchivos%2F10050203%2Ffile%2F6qro.pps&ei=dAYQUOm1F4-C8ASw0oGIaw&usq=AFQjCNGLIc7tt1pCTPIzzy08PoyZaWndGw>>
- [31] P. Fierro; D. Castillo; v. Maldonado; C. Romero. L. Riofrio. "Iluminación Fotovoltaica de pasillos". Teoría de Control Automático. Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta Agosto de 2012].
- [32] P. Fierro; J. Jaramillo. "Dimensionamiento de energía requerida en islas de descanso en el campus de la UTPL". Iluminación Fotovoltaica de pasillos". Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta Agosto de 2012].
- [33] E. Gutiérrez, D. Aguirre, J. Carpio, J. Jaramillo. "Sistemas mixtos fotovoltaicos- energía eléctrica convencional para iluminación: dimensionamiento del componente fotovoltaico". [Online]: Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/81052965/dimensionamiento-de-los-PFV-en-un-sistema-hibrido-fotoelectrico>> [Consulta 20 Agosto de 2012].
- [34] CONECEL. "Atlas Solar del Ecuador". Corporación para la investigación energética. [Online]: Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf> Pág. (8-9) [Consulta Agosto de 2012].
- [35] "PowerFLEX BIPV"225/250/275/300 W. Global Solar [Online]: Disponible en: <<http://www.globalsolar.com/products/flexible-modules/powerflex-modules>> [Consulta Septiembre de 2012].
- [36] "PowerFLEX BIPV"82/90/100 W. Global Solar [Online]: Disponible en: <http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf> [Consulta Septiembre de 2012].
- [37] "Bateria Millenium 31DC115" [Online]. Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/31-DC-115.pdf>>. Consulta Julio de 2012
- [38] "Inversor: TEP-300W /12 VDC a 110 VAC". [Online]: Disponible en: <<http://spanish.alibaba.com/product-gs/300w-12vdc-to-110vac-off-grid-solar-power-inverter-558883666.html>> [Consulta Septiembre de 2012].



- [39] MORNINGSTAR. "Controlador de carga ProStar PS-15". [Online]: Disponible en: < http://www.proviento.com.ec/PS_DataSheet.pdf > [Consulta Septiembre de 2012].
- [40] M. Delgado; E. Córdova. "Diseño de Tipo Isla del Conocimiento". Departamento de Arquitectura y Arte. Universidad Técnica Particular de Loja.
- [41] No se reconoce autor. "Sistemas FV's Mixtos e Híbridos". [Online]: Disponible en: < <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch11.pdf.pdf> > [Consulta Octubre de 2012].
- [42] APS Valencia: energías renovables. "Certificación de paneles y módulos solares". [Online]: Disponible en: <<http://apsvalencia.com/2010/04/06/certificacion-de-paneles-y-modulos-solares/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [43] C. Orbegozo; R. Arivilca. "Manual técnico para instalaciones domiciliarias". Green Energy Consultoría y Servicios SRL. [Online]: Disponible en: < http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf > [Consulta Octubre de 2012].
- [44] AENOR. "UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006". [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0038045&pdf=>> [Consulta Octubre de 2012].
- [45] AENOR. "UNE-EN 55024:1999". [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0011511&pdf=>> [Consulta Octubre de 2012].
- [46] AENOR. "UNE-EN 61000-3-2:2006/A1:2010". [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045135&pdf=>> [Consulta Octubre de 2012].
- [47] AENOR. "UNE-EN 61000-3-3:2009". [Online]: Disponible en: < <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0043426&pdf=>> [Consulta Octubre de 2012].
- [48] "Conmutador VAC2/S-15E". [Online]: Disponible en: <<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1008/0900766b81008d12.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].
- [49] "Calibre de alambre estadounidenses". AWG. [Online]: Disponible en: < http://es.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense > [Consulta Octubre de 2012].
- [50] A. Barraqueta. "Ingeniería preliminar de opciones de aprovechamiento de energía de fuentes renovables (no convencionales) para implementación en la ampliación del campus San Cayetano de la UTPL: Harvesting de energía en la ampliación del campus San Cayetano de la UTPL". [Online]: Disponible en: < <http://cepra.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3027/1/Tesis%20Barraqueta%20Men%20dieta%20Astrid%20Eunice.pdf> > [Consulta Octubre de 2012].
- [51] GLOBAL SOLAR. "Laminas Power Flex BIPV 82 W". [Online]: Disponible en: < <http://www.directindustry.es/prod/global-solar/modulos-fotovoltaicos-cigs-de-capas-finas-20893-777295.html> > [Consulta Octubre de 2012].



- [52] PROVIENTO. “Inversores y baterías solares”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [53] MORNINGSTART. “Controladores Morningstar ProStar 15”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [54] “Inversor TEP-300W”. [Online]: Disponible en: <http://www.alibaba.com/product-gs/491714843/300w_solar_inverter_for_home_use.html> [Consulta Octubre de 2012].
- [55] “Conmutador VAC2/S-15E”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proveedoresmineros.com/squared.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].
- [56] “Bombilla LED SP80B/10W”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [57] IDEA. “Energía Solar Fotovoltaica: pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a Red”. [Online]: Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf> [Consulta Octubre de 2012].
- [58] C. Orbegozo; R. Arivilca. “Manual técnico para instalaciones domiciliarias”. Green Energy Consultoría y Servicios SRL. [Online]: Disponible en: <http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf> [Consulta Octubre de 2012].
- [59] “Salarios mínimos sectoriales”. [Online]: Disponible en: <<http://www.relacioneslaborales.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Copia-de-13.-ELECTRICIDAD-GAS-Y-AGUA-2012.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].



ANEXOS

PLANOS DE PROYECTO: DISEÑO TIPO ISLA DE CONOCIMIENTO

Diseño de un sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso en el campus UTPL

Priscila Fierro^{#1}, Jorge Luis Jaramillo^{#2}

#1 Profesional en Formación, Universidad Técnica Particular de Loja.

*#2 Docente de la EET, Universidad Técnica Particular de Loja.
Loja, Ecuador 2012.*

¹pdfierro@utpl.edu.ec, ²jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen— En este trabajo se describe el proceso de diseño de una isla de descanso para el campus de la UTPL, bajo la premisa de utilizar energía de fuentes renovables. Se explica el uso de islas de descanso, se describe la propuesta arquitectónica para la isla de descanso a implementar, y, se detalla el cálculo del sistema de abastecimiento de energía concebido como un sistema híbrido.

Palabras claves— islas de descanso, gestión sustentable de campus universitarios, sistemas híbridos.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los proyectos de harvesting de energía priorizados para el año 2012 por el equipo multidisciplinario conformado por el Departamento de Arquitectura y Artes DAA, y el Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la Universidad Técnica Particular de Loja, alrededor de la Dirección de Infraestructura, se incluyó el diseño e implementación de una isla de descanso (o isla del conocimiento), híbrida desde la perspectiva de abastecimiento de energía, que permita la “recuperación” de espacios en el campus e integración de nueva tecnología.

Guiados por este propósito de renovación del campus, se acuñó el concepto de isla de descanso (o isla del conocimiento) como una estancia múltiple en la cual se desarrollarán distintas actividades, y, que provee energía suficiente para la alimentación de equipos electrónicos portables de bajo consumo y de sistemas eficientes de iluminación, mediante un sistema híbrido de generación, el cual forma parte integral del diseño arquitectónico.

Este trabajo, recoge información sobre el uso de islas de descanso en campus universitarios y la potencial utilización de fuentes de energía renovable en estos espacios. Describe la propuesta arquitectónica de la isla de descanso a implementar, y, del sistema de abastecimiento de energía concebido como un sistema

híbrido. Y, explica el dimensionamiento de los elementos del sistema PV requerido para suministrar energía.

II. GENERALIDADES SOBRE ISLAS DE DESCANSO

Una isla de descanso, o, isla de estancia, es un espacio semiabierto con diferentes formas y geometrías representativas, las cuales dan como resultado una estancia múltiple. Este tipo de espacios proporcionan libertad, tanto visual como de movilidad [1].

En general, una isla de descanso provee sombra, protege de la lluvia y del sol. En ella se desarrollan actividades para la música, el descanso, la contemplación, y, la integración social. Las islas de descanso son espacios de reunión, lectura, trabajo, etc. (Ver Fig.1)



Fig.1. Isla de estancia [1]

Las islas de descanso se han incorporado a distintos espacios. A pesar de que en la bibliografía no es posible encontrar muchas referencias sobre el uso específico en campus universitarios, se puede afirmar que las islas permiten conjugar una serie de iniciativas, tales como el

uso de materiales reciclados (proyecto Eco Boulevard S2S en Costa Rica) (Ver Fig. 2) [2], o, el aprovisionamiento de energía desde fuentes renovables o sistemas híbridos (Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza) (Ver Fig. 3) [3].



Fig.2. Diseño de Eco Boulevard S2S [2]
<http://www.revistaseccion.com/portada/construccion-bioclimatica/48-construccion/1004-el-proyecto-eco-boulevard-s2s-en-atenas-costa-rica.html>> [Consulta Mayo de 2012]



Fig.3. Aerogenerador de eje vertical instalado en El Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza [3]
<http://www.innovaticias.com/energia/6038/aerogenerador-instalado-circe-permite-abastecer-viviendas-mediante-energias-renovables>

III. TECNOLOGÍAS DE APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA, DISPONIBLES EN EL MERCADO, DE POTENCIAL USO EN ISLAS DE DESCANSO

En este apartado, se describen algunas tecnologías que aprovechan fuentes renovables de energía, de potencial aplicación en islas de descanso. En el marco de este proyecto, se ha propuesto lograr que la tecnología de aprovisionamiento de energía, se incluya de forma integral en el diseño arquitectónico de la isla.

A. Módulos fotovoltaicos de impacto visual reducido

La utilización de este tipo de tecnología, busca minimizar el impacto visual en la estética arquitectónica de la isla de descanso.

El sistema denominado Solar Ivy, luce como hojas flexibles (disponibles en diversos colores) instaladas sobre una malla metálica de cable de acero inoxidable. Sobre la malla, los módulos pueden ser dispuestos con la densidad y distribución requerida [4] (Ver Fig. 4). Cada “hoja fotovoltaica” pesa unos 250 gr., y, produce entre 0,5 y 4 Wh.



Fig.4. Enredadera de energía solar. Solar IVY [5]
<http://nadanoslibradeescorpio.blogspot.com/2011/09/solar-ivy-enredadera-de-energia-solar.html>

B. Módulos fotovoltaicos de película delgada CIGS

A parte de uso de módulos fotovoltaicos hechos con materiales convencionales, se puede optar por versiones fabricadas con productos reciclables y no tóxicos. Se expenden células orgánicas fabricadas con materiales reciclables como el CIGS [5].

El uso de módulos fotovoltaicos para aprovechar la energía del Sol, presenta dos problemas a los usuarios: el impacto visual, y, la carga estructural en los techos. Una opción interesante para minimizar estos problemas lo constituyen las células fotovoltaicas de película delgada, basadas en micro estructuras CIGS (Cobre Indio Galio Selenio), incrustadas en soportes flexibles y ligeros [6].

Los paneles CIGS son una solución liviana, resistente a los vientos, y, muy económica [7].

Los módulos CIGS son aptos para el uso en techados, fachadas, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles, coches, etc. (Ver Fig.5).



Fig.5 Láminas fotovoltaicas de película delgada (thin-film) [8] http://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602

En las islas de conocimiento, los módulos CIGS pueden proporcionar la energía requerida por cualquier accesorio electrónico [9] (Ver Fig. 6).



Fig.6 Suministros portátiles de energía solar con tecnología CIGS [9]. <http://erenovable.com/cargadores-solares-de-baterias/>

IV. DISEÑO DE LA ISLA DE DESCANSO PARA EL CAMPUS UTPL

A. Concepción arquitectónica

El diseño conceptual de la isla de descanso propuesto, se basa en la importancia del uso de islas de descanso como parte de la gestión sustentable de un campus universitario. Sobre esta base, el equipo del DAA acuñó el término de isla del conocimiento, término con el que también se denomina la isla de descanso propuesta.

Se pretende que la isla sea un espacio acogedor y estético, y, que integre tecnología para la generación de energía limpia. La energía limpia generada en la isla, permitirá la provisión de equipos electrónicos portátiles de bajo consumo, y, el abastecimiento de sistemas eficientes de iluminación. Considerando el nivel de disponibilidad de energía requerido, se propuso que la isla se abastezca desde un sistema híbrido.

Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico.

La Fig. 7 muestra en emplazamiento de la propuesta planteada [10], que incluye la construcción de cuatro islas del conocimiento, distribuidas en el área contigua al monumento conocido como La Cruz, comprendida entre el Octógono y el edificio de aulas 3.

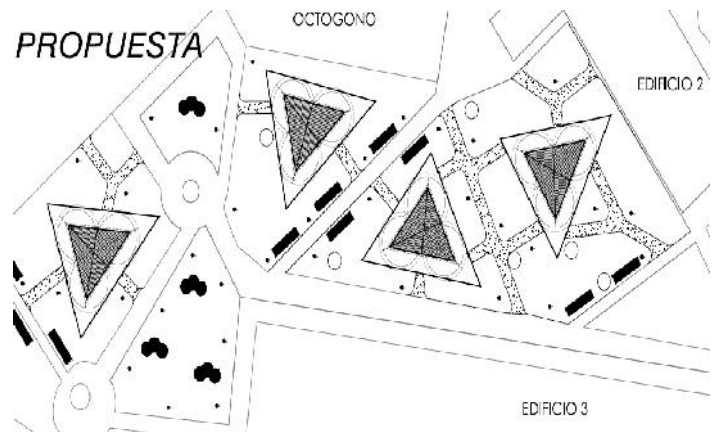


Fig. 7 Emplazamiento de la propuesta arquitectónica para un grupo de islas de descanso. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [10]

Cada isla de descanso consta de una cubierta triangular. En ella se alojan tres estancias, con mobiliario circular y compacto, que concuerda con la idea de agrupación propuesta (ver Fig. 8)

La forma triangular de la cubierta, a más de ser un atractivo, representa enlace entre sus elementos. La forma triangular se utiliza para aumentar la rigidez, soportar grandes pesos, y, cubrir áreas extensas sin interrumpir con columnas en medio [11]. Su cubierta, conformada por tres triángulos intrínsecos, divididos por la mitad de sus vértices.

El mobiliario de la isla de descanso esta representado por tres mesas de forma circular, y, tres bancas de soporte metálico, todas acopladas en un conjunto compacto La forma circular del mobiliario representa unión, universalidad.



Fig. 8 Vista frontal de la isla de descanso propuesta. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [10]

B. Integración de los sistemas de provisión de energía en la isla de descanso

Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico.

La Fig. 9 muestra un corte transversal de la estructura de la isla de descanso. En la cubierta, ubicada a una altura de 3.16 m, se especifica la ubicación de los módulos fotovoltaicos tipo CIGS, y, (un tubo cuadrado de 2 mm, y, una lata protectora de 0.0156 mm) para las instalaciones eléctricas. En forma conjunta con el grupo de energía del DCCE, se determinó también la ubicación de las luminarias, potencialmente de tecnología LED.

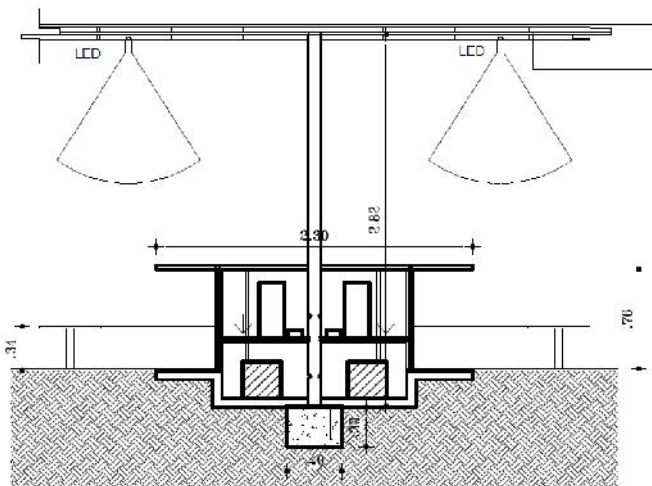


Fig.9. Vista en corte de la estructura de la isla. Departamento de Arquitectura y Arte UTPL [10]

En la Fig. 9, también se muestra que las mesas (de 2,30 m de diámetro y 0,76 m de altura), tienen divisiones interiores con espacio suficiente para albergar cinco baterías solares, dos inversores, y dos controladores de carga. Existen dos puertas corredizas de 44° de apertura a ambos lados, que facilitan el mantenimiento de los equipos. Se prevé también ducterías subterráneas para cableado eléctrico a 0,30 m de profundidad.

C. Dimensionamiento de los requerimientos de carga para la iluminación de la isla de descanso

Los parámetros luminotécnicos requeridos en la isla de descanso, se determinaron de acuerdo al método de flujo total para alumbrados exteriores [12], y, al método de los lúmenes o factor de utilitancia [13]. Según estos métodos para alumbrado exterior nocturno, se requiere entre 100 y 500 luxes de iluminancia media. Considerando las características de la aplicación, se decidió manejar una iluminancia media de 200 luxes.

Para la iluminación de la isla de descanso se seleccionó una bombilla LED modelo SP80B de 10W, 12-24 VCD/100-240 VCA, y, de 500 lm de luz blanca [14]

En la isla de descanso, la longitud es de 7.86 m, el ancho es de 4.20 m, y, la altura desde el techo a la superficie de trabajo es de 1.72 m.

El factor de utilización, se calcula a través de la expresión (1):

$$n = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_T} \quad (1)$$

En dónde,

$\Phi_{\text{útil}}$, es el flujo luminoso útil, lm
 Φ_T , es el flujo luminoso de la lámpara, lm

$$n = \frac{300}{500}$$

$$n = 0.6$$

Considerando las condiciones medioambientales de la ubicación de la isla, el factor de mantenimiento f_m se estimó en 0.75

El flujo luminoso total, se determinó a través de la ecuación (2):

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{n \cdot f_m} \quad (2)$$

En dónde,

E_m , es la iluminancia media, lux.
 S , es la superficie a iluminar, m^2
 n es el factor de utilización
 f_m , es el factor de mantenimiento

$$\Phi_T = \frac{200}{0.6} \frac{(16.5)}{0.75} = 7333 \text{ lm}$$

El número de luminarias necesarias, se aproximó con la ecuación (3):

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_l} \quad (3)$$

En dónde,

n , es el número de lámparas por luminaria.
 Φ_l , es el flujo luminoso de una lámpara.

$$N = \frac{7333}{1(500)} = 14$$

Por razones de diseño, se decidió ubicar 12 bombillas LED, 4 por cada área de trabajo en la isla de descanso.

La Tabla 1 resume la carga eléctrica requerida para iluminar la isla, estimada en 120 W.

Área	# de lámparas	Potencia consumida[W]
Área 1	4	40 W
Área 2	4	40 W
Área 3	4	40 W
Potencia total requerida		120W

D. Dimensionamiento de requerimientos de carga para iluminación

El consumo diario de energía en las bombillas LED, considerando un régimen promedio de funcionamiento entre las 18h00 y las 22h00, se determina a través de la ecuación (4):

$$E_{cLED} = P_{tLED} \cdot t \quad (4)$$

En dónde,

E_{cLED} , es la energía demandada, Wh/día
 P_{tLED} , es la potencia total, W
 t , es el tiempo de encendido, h

$$E_c = 120 \text{ W} * 4 \text{ h}$$

$$E_c = 480 \text{ Wh/día}$$

E. Dimensionamiento de requerimientos de carga para alimentación de dispositivos portables

Como principal dispositivo portable a alimentar en las islas de descanso, se identificó a los laptops de los estudiantes. En el diseño de la isla, se prevé la existencia de dos tomacorrientes dobles por cada área de trabajo, con un total de 12 tomas. Considerando que cada laptop consume aproximadamente 250 W por cada hora de funcionamiento [15], la potencia total requerida se calcula a través de la ecuación (5):

$$P_{tcp} = P_{cp} * Np_{max} \quad (5)$$

En dónde,

Np_{max} , es el número máximo de equipos conectados
 P_{cp} , es la potencia promedio de un computador portátil, W

$$P_{tcp} = 250 \text{ W} * 12$$

$$P_{tcp} = 3000 \text{ W}$$

El consumo diario de energía de los laptops, en el período entre 08h00 y 22h00, se calculó mediante (6):

$$E_{cp} = P_{tcp} \cdot t \quad (6)$$

Tabla 1
Demanda de energía para iluminación de la isla

En dónde,

E_{cp} , es la energía consumida, Wh/día
 P_{tcp} , es la potencia total de computadores portátiles, W
 t , es el tiempo de alimentación, h

$$E_{cp} = 3000W * 14horas$$

$$E_{cp} = 42000 Wh/día$$

F. Requerimientos totales de carga en la isla de descanso

A los requerimientos de carga para iluminación y para provisión de energía a los dispositivos portables, se les suma una reserva equivalente al 30 %, para cubrir cualquier demanda adicional. Por lo tanto, la energía total requerida en la isla de descanso, esta expresada por la ecuación (7):

$$E_r = E_c + Z_0 \quad (7)$$

En dónde:

E_r , es la energía resultante, Wh /día
 E_c , es la energía de carga, Wh /día
 Z_0 , es la energía de reserva (30%- E_c)

$$E_r = 55224 Wh/día$$

G. Dimensionamiento de un sistema PV para provisión de energía a la isla de descanso

El dimensionamiento de los elementos de un sistema PV, se sustenta en el requerimiento de energía de la carga, y, en la arquitectura propuesta para el sistema.

Arquitectura propuesta para el sistema PV

Los resultados obtenidos en el dimensionamiento del sistema PV, muestran un elevado consumo de energía por día, y con ello un incremento considerable en el número de módulos CIGS, baterías, y, otros elementos indispensables para el sistema, debido a esto y a que el diseño arquitectónico de la isla no puede albergar a todos ellos, se planteó el re-diseño en el sistema, partiendo de la premisa de que el sistema PV alimenta sólo la carga de iluminación. Los otros requerimientos de energía serán atendidos desde la red pública.

La Fig. 10 muestra el diagrama de bloques del sistema PV rediseñado. El sistema consta un bloque de generación de energía fotovoltaica (BGPV), un bloque de almacenamiento de energía (STORAGE), un bloque de control (BC), una conmutación (X) entre el bloque de generación PV y la red pública eléctrica (EERSSA) para alimentar el bloque de iluminación (BI) y el bloque de

reserva para iluminación (BRI) del 30 %, y, un bloque de timer (t1).

Del bloque EERSSA se alimentara directamente el bloque de fuerza (BF), bloque de reserva de fuerza (BRF).

La alimentación del sistema de iluminación LED, y, la alimentación de laptops y otros dispositivos, proviene de un sistema de abastecimiento de energía híbrido, que combina la energía solar y la energía proveniente de la red eléctrica.

En el BGPV, la captación de energía solar se hace en módulos CIGS, que proporcionan corriente directa (CD) a 12 V. La energía eléctrica generada se almacena en una batería, para su posterior utilización [16]. Un inversor convierte la CD en corriente alterna (AC) a 110 V.

El BC decide sobre la alimentación de la carga, ya sea desde el sistema PV, o, de la red pública eléctrica. La decisión sobre el origen de la energía para iluminación se basa en dos variables: el nivel de la batería (NB), y, el valor del timer (t1).

Si la señal NB muestra que existe una reserva suficiente de energía en la batería, la carga de iluminación se alimenta de esta fuente, caso contrario el BC alimenta al sistema desde la red pública.

La alimentación de las tomas de fuerza proviene de la red eléctrica pública.

En el BC el timer t1, activa el encendido de las lámparas LED entre las 18h00 y las 22h00.

La Tabla 2, resume los resultados obtenidos al cuantificar la energía requerida para iluminarias, y, para cubrir una reserva del 30%, en cada isla.

Tabla 2
Consumo de energía para la isla de descanso

Iluminación Periodo: 18h00/ 22h00	480Wh/día
Reserva de energía (30%)	144 Wh/día
Consumo total de energía	624 Wh/día 18720 Wh/mes 6832.8 KWh/año

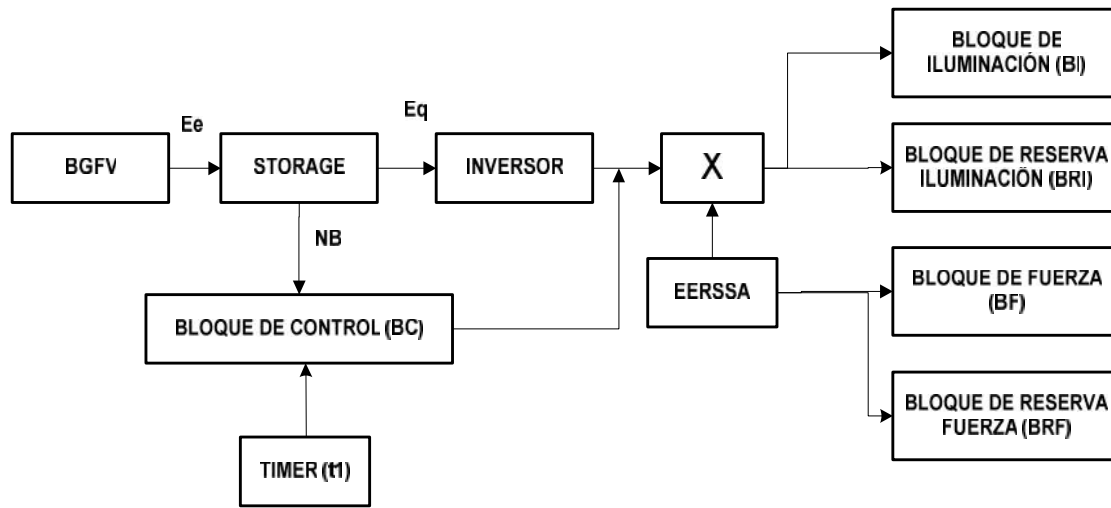


Fig. 10. Diagrama de bloques del sistema PV rediseñado. Autores

Cálculo de elementos del bloque de generación de energía

El cálculo de elementos de este bloque, combina la determinación de la energía solar disponible, y, la cuantificación de la energía requerida por la carga.

El dimensionamiento del sistema PV rediseñado, se realiza de acuerdo a la metodología y consideraciones de la bibliografía [17] y en el Atlas Solar del Ecuador del CONELEC [18]. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3.
Redimensionamiento del sistema a 12 V
Realizado por los autores.

Dimensionamiento a 12 V		
Carga total en alterna (Wh/ por día)	$CT_{Ca} (Wh)$	624
Carga total en continua (Wh/ por día)	$CT_{CD} (Wh)$	655.20
Tensión del sistema	$V_{CD} (V)$	12
Intensidad de corriente del sistema	$I_{CD} (Ah)$	54.6
Intensidad de corriente corregida	$I_{CDa} (Ah)$	57.33
Radiación solar	$KWh / m^2 / día$	4.84
Corriente pico del sistema	$I_p (A)$	11.84
Corriente del panel fotovoltaico	$I_p (Ah)$	5.3
Número de módulos	(Ntm)	2

Cálculo de los elementos del bloque de storage de energía

El bloque de storage de energía almacena la energía eléctrica generada por los módulos PV. En este proyecto, se propone un storage electroquímico, a partir de baterías.

La capacidad nominal del banco de baterías, se obtiene de la expresión (8):

$$C_{nbb} = I_{CDa} * D_R \quad (8)$$

En dónde,

C_{nbb} , capacidad nominal de banco de baterías, Ah
 D_R , período de reserva de energía, días

$$C_{nbb} = 57.33 Ah * 3$$

$$C_{nbb} = 171.99 Ah$$

La capacidad corregida del banco de baterías, se obtiene considerando una profundidad de descarga de 0.6, de acuerdo a la expresión (9):

$$C_{cbb} = \frac{C_{nbb}}{P_d} \quad (9)$$

En donde,

C_{cbb} , capacidad corregida de banco de baterías, Ah
 P_d , profundidad de descarga

$$C_{cbb} = \frac{171.99 Ah}{0.6}$$

$$C_{cbb} = 286.65 Ah$$

El número de baterías requeridas, conectadas en paralelo, se obtiene considerando la capacidad nominal de la batería [19], a través de la expresión (10):

$$A_b = \frac{C_{cbb}}{C_{nb}} \quad (10)$$

En dónde,

A_b , arreglo de baterías
 C_{nb} , capacidad nominal de baterías, Ah

$$A_b = \frac{286.65 \text{ Ah}}{115 \text{ Ah}}$$

$$A_b = 2.49$$

El número de baterías en paralelo necesarios para almacenar la energía proveniente de los módulos fotovoltaicos es de 3.

Cálculo de los elementos del bloque de inversor y regulador

Para el dimensionamiento del inversor se considera una carga máxima pico de 120W. La capacidad máxima continua CA del inversor debe ser mayor a este valor. Se seleccionó un inversor TEP-300W 12VDC/110VAC [20], con una capacidad máxima continua de 300W.

La capacidad del regulador se obtiene de la producción en Ah de los módulos PV. Para un módulo de 82 W [21], la capacidad del regulador es del orden de 164 W. Mediante la expresión (11) se determina la corriente máxima.

$$I_{maxC} = \frac{P_m}{V_{CC}} \quad (12)$$

$$I_{maxC} = \frac{164 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{maxC} = 13.66 \text{ A}$$

El regulador deberá soportar un mínimo de 15 A. El modelo seleccionado es ProStar PS-15A [22].

Diseño del bloque de iluminación

Este bloque estará integrado por 12 lámparas LED de 10W, a 120 VAC, 4 por cada área de trabajo en la isla de descanso.

Diseño del bloque de conmutación

Este bloque permitirá la transferencia entre la red eléctrica pública y el SSFV (con banco de baterías conectado a un inversor). La Fig. 11 muestra el diagrama en bloques de un sistema de este tipo.

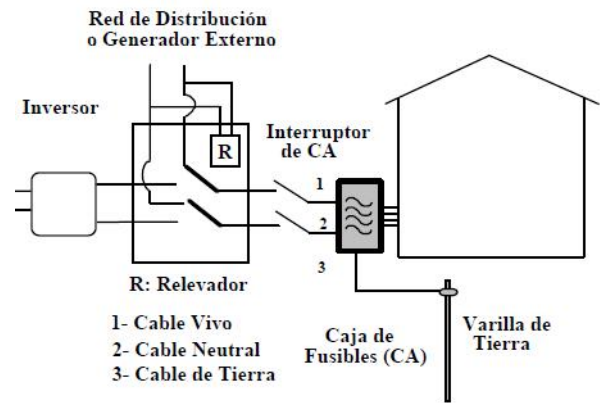


Fig. 11 Sistema FV Híbrido con conmutador automático [23]
<http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch11.pdf.pdf>

La conmutación será automática. La llave conmutadora estará activada por el relevador (R), que está permanentemente conectado a la fuente externa. Cuando ésta es activada, el conmutador conecta la carga a la misma. Durante las horas en que permanece inactiva el relevador vuelve a su posición de reposo, reconectando la salida del inversor al circuito de entrada de la isla de descanso [23].

Selección de módulos PV de lámina delgada

Se seleccionó el modelo de módulos fotovoltaicos CIGS PowerFLEX BIPV 82/90/100 W [21] (Ver Tabla 4-5).

Los módulos PV de lámina delgada a utilizar deberán cumplir con las especificaciones de las normas UL 1703, IEC/EN 61646, e, IEC/EN 61730[24].

Tabla 4
 Especificaciones eléctricas de las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [21].
http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Parámetro	PowerFLEX BIPV 82 W
Capacidad	82 W
Tolerancia (P_{max})	$\pm 7\%$
Eficiencia	10.4%
Tensión Nominal (V_{mpp})	15.5V
Corriente Nominal (I_{mpp})	5.3 A
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	20.9 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	6.2 A

Tabla 5
 Especificaciones mecánicas de las láminas fotovoltaicas Power Flex BIPV 82/90/100 W [21]
http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf

Parámetro	PowerFLEX BIPV 300 W
Dimensiones	2.017 x 0.495x 0.0035 m
Peso	3.3 Kg
Materiales	Sin plomo y exentos de los requisitos RoHS
Tipo de célula	36 CIGS cells (210 x 100 mm)
Tiempo de vida estimado	Aproximadamente de 20 a 25 años

Selección de las baterías

La selección del tipo de batería considera parámetros como la capacidad de almacenamiento, carga, descarga, estado de carga, ciclo de vida, profundidad de descarga, entre otros [25]. Se seleccionó una batería modelo Millennium 31DC115/ 12 V (Ver Tabla 6)

Tabla 6
Especificaciones eléctricas de la Batería Millennium 31DC115 [19]
<http://www.proviento.com.ec/31-DC-115.pdf>

Parámetro	Batería Millennium 31DC115
Modelo	31DC115
Capacidad (20h)	115Ah
Voltaje	12 V
Tamaño	0.127x0.329x0.236 m
Característica de carga	Recarga desde el 20-40% de descarga
Ciclo de vida	200(80%)-1200 (25%) ciclos
Profundidad de descarga	0.6
Duración	3-6 años

Selección del controlador de carga

Se seleccionó un controlador de carga tipo ProStar PS-15A [22] (Ver Tabla 7).

Tabla 7
Especificaciones técnicas del controlador de carga ProStar PS-15A [22]
http://www.proviento.com.ec/PS_DataSheet.pdf

Parámetro	ProStar PS-15A
Modelo	PS-15
Corriente nominal del panel solar	15A
Corriente nominal de la carga	15A
Tensión del sistema	12/24V
Voltaje de entrada de carga de batería (líquido)	14.4V
Desconexión de la carga	11.4V
Reconexión de la carga	12.6V
Selección del tipo de batería	Gel, sellada, o con líquido
Protecciones eléctricas	Cortocircuito Sobrecarga
Carcasa a prueba de agua	IP10
Temperatura de funcionamiento	- 30°C a + 85°C
Autoconsumo	22mA
Dimensiones	0.105x0.55x0.62 m
Peso	0,34Kg
Vida útil	15 años

Selección del inversor

La selección del inversor implica que la salida de un SFD sea cambiada de bajo voltaje (12V ó 24V DC) a 110/220V AC, 50 ó 60 Hz.

Se seleccionó un inversor modelo TEP-300W [20] (Ver Tabla 8). El modelo seleccionado cumple con los estipulado en las normas de la AENOR: UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006 (sobre características de las perturbaciones radioeléctricas en equipos, límites y métodos de medida [26]), UNE-EN 55024:1999 (sobre características de inmunidad. Límites y métodos de medida [27]), UNE-EN 61000-3-3:2009 y 61000-3-2:2006/A1:2010 (sobre compatibilidad electromagnética CEM [28], [29]).

Tabla 8
Especificaciones técnicas del inversor TEP-300W 12VDC/110VAC [20]
<http://spanish.alibaba.com/product-gs/300w-12vdc-to-110vac-off-grid-solar-power-inverter-558883666.html>

Parámetro	TEP-300W
Modelo	TEP-300W
Voltaje de entrada de C.C	12V
Voltaje de salida de C.A	100/110/120VAC
Corriente sin carga	0.5 A
Frecuencia de la salida de C.A	50/60Hz
Forma de onda de la salida de C.A	Onda seno pura
Eficacia	88%
Gama de voltaje de entrada de C.C	10.5-15V
Alarma de baja tensión	10.5 ± 0.3V
Parada de tensión	10 ± 0.3V
Sobre la protección de voltaje	15.5 ± 0.5V
Recuperación de baja tensión	12 ± 0.5V
Dimensiones	0.220x0.118x0.155 m
Peso	1.8 Kg
Vida útil	15 años

Selección del conmutador

Se seleccionó un conmutador modelo VAC2/S-15E [30] (Ver Tabla 9)

Tabla 9
Especificaciones técnicas del conmutador VAC2/S-15E [30]
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1008/0900766b81008d12.pdf>

Parámetro	Conmutador VAC2/S-15E
Modelo	VAC2/S-15E
Corriente RMS máx.	15A
Frecuencia	50/60 Hz
Fuente principal	110VAC/230VAC
Temperatura recomendada	70° C

Selección de cables eléctricos

Debido a que el voltaje del sistema PV es de 12 VCC, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje de 110 ó 220 VCA. Por lo tanto, deben usarse cables mucho más gruesos. El cable seleccionado es el AWG14 (Ver Tabla 10).

Tabla 10.
Calibre de alambre estadounidenses AWG [31]
http://es.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense

Parámetro	Cable AWG
Área	1.628
Diámetro	2.08 mm ²
Corriente permisible en cobre 60°	15A
Voltaje	12V
Potencia generada	180W
AWG	14

H. Presupuesto de inversión

Para la elaboración del presupuesto, se consideró los costos de equipos y materiales, los costos de instalación, los costos de mantenimiento, y, los costos de explotación

Bajo el rubro costos de equipos se incluye la inversión en la adquisición de módulos fotovoltaicos CIGS, controlador de carga, inversor, batería, conmutador, lámparas LED, cableado, etc.

Tabla 11
Costos de equipos del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso [32-37].

Equipo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio Total (USD)
Laminas Power Flex BIPV 82 W	2	182.00	364.00
Batería Millenium 31DC115	3	265.00	795.00
Controlador de carga ProStar PS-15A	1	150.00	150.00
Inversor TEP-300W 12VDC/110VAC	1	40.00	40.00
Conmutador VAC2/S-15E	1	70.00	70.00
Bombilla LED SP80B/10W	12	40.00	480.00
		Total (USD)	1.899

Establecidas sus características técnicas, los elementos a adquirir, fueron seleccionados de distintos proveedores. La Tabla 11, resume la inversión requerida en este rubro.

El rubro *costos de instalación* incluye montaje, conexiones de equipos e instalación

Al rubro *costos de mantenimiento*, se relacionan los costos de limpieza de impurezas y de polvo en los módulos PV durante su vida útil [38], y, la comprobación del estado de otros equipos [39] [40]

Bajo el rubro *costos de explotación*, se incluyen la reposición de baterías para un periodo de 20 a 25 años, período equivalente al tiempo de vida útil de los módulos fotovoltaicos

La tabla 12, resume los costos totales de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso.

Tabla 12
Costos totales de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso.

Costos de equipos (USD)	1899.00
Costos de instalación (USD)	700.00
Costos de mantenimiento (USD)	450.00
Costos de explotación (USD)	3180.00
Imprevistos, 5%	311.45
Inversión total (USD)	6540.45

La inversión total para implementar una isla de descanso en el campus San Cayetano de la UTPL es de **6540,45 USD**.

- Una isla de descanso, o, isla de estancia, es un espacio semiabierto con diferentes formas y geometrías representativas, las cuales dan como resultado una estancia múltiple. Este tipo de espacios proporcionan libertad, tanto visual como de movilidad.

- Se puede afirmar que las islas de descanso permiten conjugar una serie de iniciativas, tales como el uso de materiales reciclados, o, el aprovisionamiento de energía desde fuentes renovables o sistemas híbridos.

- En una isla de descanso ubicada en el campus universitario, que en el marco de este trabajo denominamos isla del conocimiento, los estudiantes demandarían energía para alimentar dispositivos electrónicos, que soporten sus actividades académicas y personales.

- En el marco de este proyecto, se ha propuesto lograr que la tecnología de aprovisionamiento de energía, se incluya de forma integral en el diseño arquitectónico de la isla.

- Se busca minimizar el impacto visual de la incorporación de las fuentes de energía renovable, en la estética arquitectónica de la isla de descanso.

- El uso de módulos fotovoltaicos para aprovechar la energía del Sol, presenta dos problemas a los usuarios: el impacto visual, y, la carga estructural en los techos. Una opción interesante para minimizar estos problemas lo constituyen las células fotovoltaicas de película delgada, basadas en micro estructuras CIGS. Los paneles CIGS son una solución liviana, resistente a los vientos, y, muy económica.

- En la propuesta arquitectónica del DAA se plantea la construcción de cuatro islas del conocimiento, distribuidas en el área contigua al monumento conocido como La Cruz, comprendida entre el Octógono y el edificio de aulas 3 en el campus de San Cayetano.

- El diseño arquitectónico de las islas de descanso esta basado en el concepto de arquitectura orgánica, es decir, su estructura pretende formar parte del entorno. Su edificación y mobiliario son compactos, su diseño es semiabierto, estético y funcional.

- Cada isla de descanso esta ideada de tal manera que en ella se integre tecnología para la generación de energía limpia. En las islas se propone un sistema híbrido a través de módulos fotovoltaicos y de la energía de la red eléctrica, el cual le permitirá alimentar equipos electrónicos portables de bajo consumo, e iluminación.

- Los equipos y dispositivos del sistema híbrido de generación, y, las instalaciones eléctricas forman parte integral del diseño arquitectónico, la isla cuenta con contenedores para albergar diferentes

equipos, además de canalización subterránea para la conmutación con la red eléctrica.

- La potencia requerida por la isla de descanso, se determinó en base al número de luminarias a instalar, al requerimiento de potencia en las tomas a instalar por computador portátil, y, a una reserva de energía del orden del 30% en caso de conectar algún otro dispositivo.

- El requerimiento de energía consumida por las bombillas LED, es de 480 Wh/día, considerando que las bombillas se encenderán en periodo entre las 18h00 y las 22h00 y el de las doce laptops, es de 42000 Wh/día, considerando que las laptops estarán conectadas entre las 08h00 y las 22h00.

- La demanda total de energía, se estima entonces en 55224 Wh/día.

- Para cumplir con la demanda de energía requerida por la isla de descanso, se plantea que la energía suministrada a la isla provenga de un sistema híbrido utilizando energía solar y, apoyada de la energía de la red eléctrica pública.

- Los resultados obtenidos bajo el supuesto de que el sistema PV aporta con energía tanto al sistema de iluminación como a las tomas de fuerza, muestran que esto es irrealizable por el número de equipos requeridos.

- Un rediseño del sistema para aportar con energía a la iluminación, considerando una reserva de energía del 30%, posibilitó la viabilidad técnica y económica del sistema.

- Para cumplir con el objetivo reformulado, se requiere de dos módulos fotovoltaicos CIGS, y, de tres baterías en paralelo.

- La selección de los módulos CIGS se efectuó en función de las normas UL 1703, IEC/EN 61646, y, IEC/EN 61730.

- La selección del inversor se basa en las normas AENOR, UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006; UNE-EN 55024:1999; UNE-EN 61000-3-2:2006/A1:2010; UNE-EN 61000-3-3:2009

- Para la selección de baterías, controladores de carga, y, conmutadores, se consideraron las especificaciones técnicas, mecánicas y de operación.

- Para calcular los costos de implementación del sistema híbrido de provisión de energía para las islas de descanso, se consideró los costos de equipos y materiales, costos de instalación, costos de mantenimiento, y, costos de explotación.

- La inversión total para implementar una isla de descanso en el campus San Cayetano de la UTPL es de 6540,45 USD.

VI. REFERENCIAS

- [1] "Ideas jóvenes". Islas de estancia universitarias. Escuela de Arquitectura. UTPL
- [2] Rogelio Aguilar. Loriana Araya. Estiben Brenes. Ivana Murillo. "El proyecto Eco Boulevard S2S, Costa Rica". Universidad Latina de Costa Rica. [Online]: Disponible en: <<http://www.revistaseccion.com/portada/construccion-bioclimatica/48-construccion/1004-el-proyecto-eco-boulevard-s2s-en-atenas-costa-rica.html>> [Consulta Mayo de 2012].
- [3] "El aerogenerador instalado en el CIRCE permite abastecer viviendas mediante energías renovables". El Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza. [Online]. Disponible en: <<http://www.innovaticias.com/energia/6038/aerogenerador-instalado-circe-permite-abastecer-viviendas-mediante-energias-renovables>> [Consulta Mayo de 2012]
- [4] "SOLAR IVY: Una enredadera de Energía solar". Paisajismo Digital [Online]: Disponible en: <<http://paisajismodigital.com/blog/?p=4660>> [Consulta Mayo de 2012].
- [5] "SOLAR IVY: Enredadera de energía solar". [Online]: Disponible en: <<http://nadanoslibradeescorpio.blogspot.com/2011/09/solar-ivy-enredadera-de-energia-solar.html>>
- [6] No se reconoce autor. "Láminas fotovoltaicas". [Online]: Disponible en: <<http://www.energiafotovoltaica.ws/aplicaciones/la-minas-fotovoltaicas.html>> [Consulta Mayo de 2012].
- [7] "Paneles fotovoltaicos orgánicos y CIGS". [Online]: Disponible en: <http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/1_Nuevas_Tecnologias_Solares/16_Paneles_fotovoltaicos_organicos_y_CIGS.html> [Consulta Mayo de 2012].
- [8] "Proyecto SIMEC CHILE SRL". [Online]: Disponible en: <http://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602> [Consulta Mayo de 2012].
- [9] Martin Cagliani. "Cargadores solares de batería". Blog de energías renovables. [Online]: Disponible en: <<http://erenovable.com/cargadores-solares-de-baterias/>> [Consulta Mayo de 2012]
- [10] M. Delgado; E. Córdova. "Diseño de Tipo Isla del Conocimiento". Departamento de Arquitectura y Arte. Universidad Técnica Particular de Loja.
- [11] Julio Rodríguez. "Estructura triangular y membranas". [Online]: Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/49006050/ESTRUCTURA-triangular-y-menbranas>> [Consulta Julio de 2012]
- [12] No se reconoce autor. "Luminotecnia: Método del flujo total". [Online]: Disponible en: <<http://www.tuveras.com/luminotecnia/exterior.htm>> [Consulta Julio de 2012].
- [13] "Método de los lúmenes o factor de utilización". [Online]: Disponible en: <<http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-exterior/vias-publicas-calculo.html>> [Consulta Julio de 2012].
- [14] "Bombilla LED SP80B.". ProViento S.A [Online]: Disponible en: <

- <http://www.proviento.com.ec/SP80Bec.pdf>>[Consulta a Julio de 2012].
- [15] No se reconoce autor. “Consumo indicativo de algunos artefactos eléctricos: computadora”. [Online]: Disponible en: <[http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/consumos.pdf/\\$FILE/consumos.pdf](http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/consumos.pdf/$FILE/consumos.pdf)> [Consulta Julio de 2012].
- [16] P. Fierro; D. Castillo; v. Maldonado; C. Romero. L. Riofrio. “Iluminación Fotovoltaica de pasillos”. Teoría de Control Automático. Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta Agosto de 2012].
- [17] E. Gutiérrez, D. Aguirre, J. Carpio, J. Jaramillo. “Sistemas mixtos fotovoltaicos- energía eléctrica convencional para iluminación: dimensionamiento del componente fotovoltaico”. [Online]: Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/81052965/dimensionamiento-de-los-PFV-en-un-sistema-hibrido-fotoelectrico>> [Consulta 20 Agosto de 2012].
- [18] CONECEL. “Atlas Solar del Ecuador”. Corporación para la investigación energética. [Online]: Disponible en: <http://www.conelec.gov.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf> Pág. (8-9) [Consulta Agosto de 2012].
- [19] “Bateria Millenium 31DC115” [Online]. Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/31-DC-115.pdf>>. Consulta Julio de 2012
- [20] “Inversor: TEP-300W /12 VDC a 110 VAC”. [Online]: Disponible en: <<http://spanish.alibaba.com/product-gs/300w-12vdc-to-110vac-off-grid-solar-power-inverter-558883666.html>> [Consulta Septiembre de 2012].
- [21] “PowerFLEX BIPV”82/90/100 W. Global Solar [Online]: Disponible en: <http://www.globalsolar.com/downloads/PowerFLEX_2.pdf> [Consulta Septiembre de 2012].
- [22] MORNINGSTAR. “Controlador de carga ProStar PS-15”. [Online]: Disponible en: <http://www.proviento.com.ec/PS_DataSheet.pdf> [Consulta Septiembre de 2012].
- [23] No se reconoce autor. “Sistemas FV’s Mixtos e Híbridos”. [Online]: Disponible en: <<http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch11.pdf.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].
- [24] APS Valencia: energías renovables. “Certificación de paneles y módulos solares”. [Online]: Disponible en: <<http://apsvalencia.com/2010/04/06/certificacion-de-paneles-y-modulos-solares/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [25] C. Orbegozo; R. Arivilca. “Manual técnico para instalaciones domiciliarias”. Green Energy Consultoría y Servicios SRL. [Online]: Disponible en: <http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf> [Consulta Octubre de 2012].
- [26] AENOR. “UNE-EN 55022:2000/A2:2004 CORR: 2006”. [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0038045&pdf=>>> [Consulta Octubre de 2012].
- [27] AENOR. “UNE-EN 55024:1999”. [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0011511&pdf=>>> [Consulta Octubre de 2012].
- [28] AENOR. “UNE-EN 61000-3-2:2006/A1:2010”. [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045135&pdf=>>> [Consulta Octubre de 2012].
- [29] AENOR. “UNE-EN 61000-3-3:2009”. [Online]: Disponible en: <<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0043426&pdf=>>> [Consulta Octubre de 2012].
- [30] “Conmutador VAC2/S-15E”. [Online]: Disponible en: <<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1008/0900766b81008d12.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].
- [31] “Calibre de alambre estadounidenses”. AWG. [Online]: Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense> [Consulta Octubre de 2012].
- [32] GLOBAL SOLAR. “Laminas Power Flex BIPV 82 W”. [Online]: Disponible en: <<http://www.directindustry.es/prod/global-solar/modulos-fotovoltaicos-cigs-de-capas-finas-20893-777295.html>> [Consulta Octubre de 2012].
- [33] PROVIENTO. “Inversores y baterías solares”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [34] MORNINGSTART. “Controladores Morningstar ProStar 15”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [35] “Inversor TEP-300W”. [Online]: Disponible en: <http://www.alibaba.com/product-gs/491714843/300w_solar_inverter_for_home_use.html> [Consulta Octubre de 2012].
- [36] “Conmutador VAC2/S-15E”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proveedoresmineros.com/squared.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].
- [37] “Bombilla LED SP80B/10W”. [Online]: Disponible en: <<http://www.proviento.com.ec/>> [Consulta Octubre de 2012].
- [38] A. Barraqueta. “Ingeniería preliminar de opciones de aprovechamiento de energía de fuentes renovables (no convencionales) para implementación en la ampliación del campus San Cayetano de la UTPL: Harvesting de energía en la ampliación del campus San Cayetano de la UTPL”. [Online]: Disponible en:

<<http://cepra.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3027/1/Tesis%20Barrazueta%20Mendieta%20Astrid%20Eunice.pdf>> [Consulta Octubre de 2012].

- [39] IDEA. “Energía Solar Fotovoltaica: pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a Red”. [Online]: Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf> [Consulta Octubre de 2012].
- [40] C. Orbegozo; R. Arivilca. “Manual técnico para instalaciones domiciliarias”. Green Energy Consultoría y Servicios SRL. [Online]: Disponible en: <http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf> [Consulta Octubre de 2012].