



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

**TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**Aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los
procesos del Castillo Eurolatino del Parque Recreacional Jipiro de la
ciudad de Loja.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Maldonado Morales, Juan Francisco

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luís, Ing.

LOJA – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: “Aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino del Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja” realizado por Maldonado Morales Juan Francisco, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Abril del 2015

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Maldonado Morales Juan Francisco, declaro ser el autor del presente trabajo de fin de Titulación: : “Aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino del Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja”, de la Titulación de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Jorge Luis Jaramillo Pacheco, Ing. Director del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 88 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”

f.....

Autor: Maldonado Morales Juan Francisco

Cédula 1104437650

DEDICATORIA

A mi hijo Mathias, por ser ese pequeño ser que desde el primer día que lo vi me dió esa fuerza y coraje que me permitió surgir incluso en las peores batallas, a mi Gorda bella Valeria por ser esa persona que ha llegado a mi vida para llenar de dicha y felicidad. A mi madre Judith por ser ese ser que me dió la dicha de vivir y forjarme día a día como un hombre de bien apoyándome y aconsejándome en todo momento. A mi padre por ser ese pilar fundamental en mi desarrollo intelectual y humano.

A mis hermanos Guillermo, Cristina y Josué quienes gracias a sus consejos y palabras de apoyo incondicional he podido llegar a ser la persona que hoy soy.

A mis amigos quienes forman parte de los Naff y los Chicos de Barrio, quienes con sus palabras de aliento y críticas oportunas me han hecho crecer como ser humano.

Juan Maldonado

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir el día a día con felicidad, salud y rodeado de las personas que quiero.

Mi más sincero agradezco al director del proyecto de fin de titulación, el Ing. Jorge Luis Jaramillo quien con su apoyo, sabiduría, dedicación e interés hizo que este proyecto se realice de la mejor manera.

De igual manera a las personas que conforman el PRJ y GADM de Loja por su buena disposición al brindarnos la información solicitada he interés por que se realice el proyecto planteado.

Juan Maldonado

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS	ix
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1.....	5
1. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, POTENCIALMENTE APROVECHABLES EN EL PRJ	
	5
1.1. Introducción.....	6
1.2. Metodología propuesta para atender el periodo del GADM de Loja.....	6
CAPÍTULO 2.....	8
2. CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA.....	8
2.1. Un poco de historia.....	9
2.2. Zonificación del Parque Recreacional Jipiro.....	9
2.3. Sobre el Proyecto de las culturas.....	10
2.3.1. Las culturas europeas, asiáticas y africanas.....	11
2.3.2. Las culturas Americanas.....	11
2.4. Sobre el complejo deportivo.....	12
2.5. Otras Facilidades del PRJ.....	12
2.6. Identificación preliminar de las fuentes renovables de energía aprovechables en el territorio del PRJ.....	12
CAPÍTULO 3.....	13
3. EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA SOLAR EN EL PRJ.....	13

3.1.	Introducción.....	14
3.2.	Potencialidades de aprovechamiento de energía solar.....	14
	CAPÍTULO 4.....	18
4.	EL CASTILLO EUROLATINO, UN CASO PARTICULAR.....	18
4.1.	Introducción.....	19
4.2.	Aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el castillo Eurolatino del PRJ 19	
4.2.1.	Generalidades y uso actual del CE.....	19
4.2.2.	Marco conceptual de la propuesta.....	24
4.2.3.	Energía Fotovoltaica para iluminación monumental del CE.....	25
4.2.3.1.	Sobre la arquitectura del sistema.....	26
4.2.3.2.	Sobre los módulos fotovoltaicos a utilizar.....	27
4.2.3.3.	Sobre el storage de energía.....	29
4.2.3.4.	Sobre el inversor.....	30
4.2.3.5.	Presupuesto tentativo.....	30
4.2.4.	Energía eólica para iluminación monumental del CE.....	31
4.2.4.1.	Sobre la arquitectura del sistema.....	32
4.2.4.2.	Sobre el dimensionamiento de la carga total requerida.....	32
4.2.4.3.	Sobre el viento disponible.....	32
4.2.4.4.	Sobre el bloque de storage de energía.....	36
4.2.4.5.	Sobre el inversor.....	36
4.2.4.6.	Sobre el módulo de conmutación.....	36
4.2.4.7.	Presupuesto tentativo.....	38
	CONCLUSIONES.....	40
	BIBLIOGRAFÍA.....	41
	ANEXOS.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Metodología de trabajo de la mesa conformada.....	7
Figura 1.2. Zonificación del PRJ.	10
Figura 3.1. Metodología de trabajo para la identificación de las potencialidades del aprovechamiento de energía solar en el PR Jipiro.....	15
Figura 3.2. Mapa de zonificación del nivel de radiación solar en el PR Jipiro.....	16
Figura 4.1. Panorámica del Castillo Eurolatino del PRJ. Fotografía de los autores.	19
Figura 4.2. Propuesta para aprovechamiento de energía renovable en el Castillo Eurolatino.	20
Figura 4.3. Ubicación del Castillo Eurolatino en el PRJ.....	21
Figura 4.4. Panorámica del CE del PRJ.....	21
Figura 4.5. Panorámica de la computecca del CE.	22
Figura 4.6. Panorámica de la videoteca del CE.	23
Figura 4.7. Panorámica de la biblioteca del CE.....	23
Figura 4.8. Panorámica de la ludoteca del CE.	23
Figura 4.9. Panorámica de la sala de ajedrez del CE.....	24
Figura 4.10. Panorámica del CE con la implementación de las estaciones demostrativas.	25
Figura 4.11. Panorámica del árbol falso para la captura de energía solar, en las inmediaciones del CE.	25
Figura 4.12. Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico de provisión de energía. .	26
Figura 4.13. Vista panorámica de un reflector LED exterior de 100W.	26
Figura 4.14. Panorámica del sistema eólico en el CE.	31
Figura 4.15. Diagrama de bloques del sistema eólico de provisión de energía.	32
Figura 4.16. Diagrama de bloques del sistema eólico de provisión de energía.	33
Figura 4.17. Flujograma de la lógica de operación propuesta para el módulo de conmutación del sistema híbrido.....	37
Figura 4.18. Esquema del circuito detector de nivel en las baterías.....	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1. Equipamiento de la computeca del CE.....	22
Tabla 3.2. Características técnicas de reflectores LED de exterior de 100W.	26
Tabla 3.3. Características técnicas de los módulos GMASOLAR.....	28
Tabla 3.4. Características técnicas de las baterías AGM 24V 120Ah VISION.....	30
Tabla 3.5. Presupuesto tentativo de inversión en el sistema fotovoltaico de iluminación del CE.	31
Tabla 3.6. Información para el dimensionamiento de la carga total requerida para iluminación de torres.	32
Tabla 3.7. Promedio mensualizado de velocidad del viento en el sector de Jipiro, año 2014.	33
Tabla 3.8. Especificaciones técnicas del aerogenerador Air40.	33
Tabla 3.9. Resultado del dimensionamiento eólico.	35
Tabla 3.10. Presupuesto tentativo de inversión en el sistema eólico de iluminación del CE.	38

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se describe los resultados obtenidos al identificar fuentes renovables de energía para potenciar los procesos propios del Castillo Eurolatino, edificación emblemática del Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja, y, proponer iniciativas para su aprovechamiento.

PALABRAS CLAVES: energía, energía renovable, aprovechamiento de energía renovable, aprovechamiento de energía renovable en espacios públicos, Parque Recreacional Jipiro, Castillo Eurolatino.

ABSTRACT

In this paper described the results obtained by identifying renewable energy sources to enhance the processes of the Eurolatino Castel, emblematic building of Jipiro Recreational Park of Loja city, and propose initiatives for harnessing.

KEYWORDS: energy, renewable energy, harnessing renewable energy, renewable energy use in public spaces, Jipiro Recreational Park, Eurolatino Castle.

INTRODUCCIÓN

En el mes de septiembre del 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local.

En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este documento se presentan los resultados obtenidos, en torno a la identificación de opciones tecnológicas para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino.

Este trabajo está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se describe la metodología propuesta para la identificación de fuentes renovables de energía, potencialmente aprovechables en el PRJ.

En el segundo capítulo se caracteriza el PRJ, y se identifican las fuentes aprovechables de energía.

En el tercer capítulo se describe el caso particular del denominado Castillo Eurolatino, edificación emblemática del parque, y, se analiza las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables en él.

Finalmente, en el cuarto capítulo se describe una propuesta para iluminación monumental de la edificación, utilizando recursos renovables.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar iniciativas para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino del Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja

Objetivos específicos

- Establecer una metodología para la identificación de fuentes renovables de energía, potencialmente aprovechables en el parque
- Caracterizar el parque e identificar las fuentes aprovechables de energía en él.
- Describir el funcionamiento del Castillo Eurolatino del parque, e, identificar las fuentes renovables de energía aprovechables en la edificación.
- Proponer y diseñar una iniciativa para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el Castillo Eurolatino.

CAPÍTULO 1
METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RENOVABLES
DE ENERGÍA, POTENCIALMENTE APROVECHABLES EN EL PRJ

1.1. Introducción.

En el mes de septiembre de 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local. En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este documento se presentan los primeros resultados obtenidos, en torno a la caracterización del parque y la identificación de fuentes renovables de energía existentes en el territorio, potencialmente aprovechables.

1.2. Metodología propuesta para atender el periodo del GADM de Loja.

Aceptado el pedido del GADM de Loja, en la UTPL se decidió conformar mesas de trabajo, integradas por delegados de la universidad y del GADM.

En relación al aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el PRJ, se encargó a la Sección de Telecomunicaciones y Electrónica (STE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) la coordinación de la mesa de trabajo, invitándose también a investigadores del Departamento de Arquitectura y Artes (DAA). En el GADM de Loja, la representación se asignó a la Dirección de Electrónica y Telecomunicaciones. Conformada la mesa de trabajo, se diseñó y aprobó una aproximación metodológica para responder a los requerimientos planteados (ver Figura 1.1).

La etapa de caracterización del parque e identificación de fuentes renovables de energía, se propuso para actualizar la información disponible sobre el PRJ, y, en base a la observación directa en el territorio, identificar las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar procesos actuales o por implementar en el parque.

Con la intención de optimizar los recursos disponibles, se decidió plantear una etapa de revisión bibliográfica del estado del arte en el aprovechamiento de energía de fuentes renovables en espacios públicos, que permita identificar las mejores prácticas en funcionamiento en espacios similares.

Culminadas las 2 primeras etapas, los resultados obtenidos serán socializados con los delegados del GADM, a fin de obtener una priorización desde la perspectiva municipal. Las propuestas priorizadas pasarán a una etapa de ingeniería de detalle, cuyo resultado será la elaboración de esquemas mecánicos, electrónicos, eléctricos, de obra civil, entre otros.

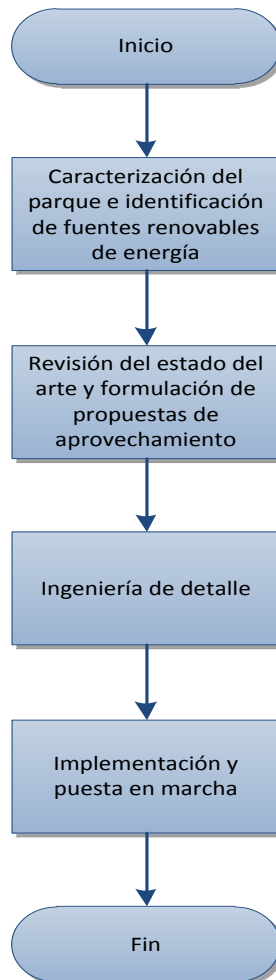


Figura 0.1. Metodología de trabajo de la mesa conformada.

Fuente: Diseño de autores.

En función de la disponibilidad de recursos para financiar las obras requeridas, se aperturarán las etapas de implementación y gestión.

Para la ejecución de las etapas metodológicas propuestas, en UTPL se conformó un equipo de trabajo integrado por 10 estudiantes de la titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones (IET), que aceptaron apoyar en la iniciativa como parte de su trabajo de fin de titulación. La subdivisión de este equipo de trabajo, permitirá profundizar en el análisis de las diversas formas de energía renovable existentes en el parque.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA.

2.1. Un poco de historia.

El PRJ se ubica en el barrio del mismo nombre, al norte de la ciudad de Loja (Ecuador), y, posee una extensión de 10 Ha, donadas a la ciudad de Loja por el filántropo Daniel Álvarez Burneo.

En la década de los años sesenta del siglo pasado, el entonces Alcalde la ciudad, Dr. Vicente Burneo, abrió la posibilidad de que la propiedad se destine a la construcción de un espacio de recreación y entretenimiento.

En la década de los ochenta, se realizó la primera intervención planificada para la dotación de la infraestructura física necesaria, bajo el motivo de la interculturalidad. En esta etapa, la laguna existente fue conectada mediante un canal con la quebrada de Jipiro.

Oficialmente, el PRJ nació en 1988 durante la alcaldía del Dr. José Bolívar Castillo. Se desarrolló el concepto de parque temático, edificando infraestructura recreacional, educacional y/o administrativa que reproduzca la arquitectura representativa de algunos países y regiones. En el territorio del PRJ, a través de un recorrido lúdico que conjuga arquitectura y esparcimiento, la ciudadanía se acerca al conocimiento de los núcleos culturales más destacados en el mundo.

2.2. Zonificación del Parque Recreacional Jipiro.

Existen 2 zonas claramente definidas, separadas por el río Zamora, y articuladas a través de un nodo comunicador en forma de un puente peatonal (ver Figura 1.2). En estas zonas coexisten los monumentos temáticos (proyecto de las culturas), y, los espacios recreativos y de competencia deportiva. El flujo de visitantes en las zonas se dirige a través de senderos, con la respectiva señalética y equipados con mobiliario urbano.

El acceso al PRJ se realiza desde las 3 vías que circunvalan el territorio (Av. Salvador Bustamante Celi, Av. Velasco Ibarra y Pasaje "H").



Figura 0.1. Zonificación del PRJ.

Fuente: Diseño de autores.

2.3. Sobre el Proyecto de las culturas.

El proyecto de las culturas se desarrolla en dos sectores del PRJ, separados por el río Zamora. La parte oriental, con una mayor extensión de terreno, se refiere a las culturas de Europa, Asia y África, mientras que la occidental está dedicada a las culturas de América.

2.3.1. Las culturas europeas, asiáticas y africanas.

La Catedral de San Basilio, templo ortodoxo localizado en la Plaza Roja de la ciudad de Moscú, en la Federación de Rusia, es famosa por sus cúpulas en forma de cebolla. La reproducción existente en el PRJ, posee resbaladeras que descienden de las torres y las cúpulas, y, se destina para entretenimiento. Dentro del proyecto de las culturas se considera el monumento representativo del arte de los pueblos eslavos [1].

Junto a la laguna se sitúa la reproducción de una pagoda china, edificio de varios niveles, común en varios países asiáticos, construido con fines religiosos (especialmente en la fe budista). La réplica se conoce como muelle bar, y, en ella se ofrece comida típica y comida rápida. En el proyecto de las culturas se considera el monumento representativo del arte de los pueblos orientales [1].

En la reproducción de una mezquita árabe (dedicada al culto islámico), funcionan las oficinas administrativas del PRJ, y, un planetario y un telescopio. Se considera el monumento representativo de los pueblos de Asia media [1].

Hacia el centro del PRJ se ubica un escenario para representaciones artísticas y de teatro, que reproduce un templo indomaláico, propio de la cultura india, tailandesa, y, malaya [1].

A orillas del río Jipiro, se levante una réplica de un castillo eurolatino, como aquellos construidos en Europa, entre los siglos V y XV, en la época medieval. En esta edificación opera una videoteca, una biblioteca, y, una computeca [1].

Los chozones de estilo bantú, reflejan las características propias de los pueblos del Sahara africano, y, en el PRJ sirven para el expendio de comidas típicas de la región de Loja [1].

Una réplica de la torre Eiffel, símbolo de Paris (edificada para la Exposición Mundial de 1889) cobija un mesa de ping pong al aire libre.

2.3.2. Las culturas Americanas.

La réplica del Templo de las Monjas de Yucatán, uno de los más bellos y mejor conservados de la cultura Maya, sirve como mirador de los sectores aledaños, y tiene un sistema de resbaladeras para el entretenimiento de los niños.

Además se destaca la presencia de réplicas del Inti-Punku (Tiahuanaco, Bolivia), de un kiosko maya, de la Pirámide de Kukulman, del monumento a la cultura saragura, una choza shuar, entre otros.

2.4. Sobre el complejo deportivo.

La infraestructura recreativa y de competencia deportiva existente en el PRJ, lo convierte en el complejo deportivo más importante de la ciudad.

En el territorio del PRJ existen 2 canchas de fútbol, 5 canchas de básquet, 8 canchas de ecuavolley, 3 canchas de tenis, 2 canchas de indorfutbol, 1 piscina temperada con cubierta telescópica móvil, 1 pista de bicicletas, y, 1 ciclo vía.

2.5. Otras Facilidades del PRJ.

En el territorio del PRJ existen diversos espacios dedicados a la recreación: juegos infantiles, juego de ajedrez, réplica de una locomotora a vapor, laguna y recorrido acuático, área de camping, y, minizoológico.

Entre los servicios que ofrece el PRJ se cuentan 2 plazas de estacionamientos (una para el área recreativa y otro para la zona deportiva), baterías sanitarias, y, senderos.

2.6. Identificación preliminar de las fuentes renovables de energía aprovechables en el territorio del PRJ.

La observación in situ del territorio del PRJ, y, la consideración del desarrollo prospectivo que la administración del GADM desea construir en el parque, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.

CAPÍTULO 3
EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE APROVECHAMIENTO DE FUENTES
RENOVABLES DE ENERGÍA SOLAR EN EL PRJ.

3.1. Introducción.

En el mes de septiembre de 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local. En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

Establecida la metodología para el abordaje del problema, se describió el marco conceptual que rige la construcción y desarrollo del parque, y, se identificó los fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar los diferentes procesos propios del parque. En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de evaluación de la potencialidad de aprovechamiento de las fuentes identificadas.

3.2. Potencialidades de aprovechamiento de energía solar

Para evaluar las potencialidades de aprovechamiento de energía solar en el PRJ, se decidió aplicar la metodología de trabajo mostrada en la Figura 3.1.

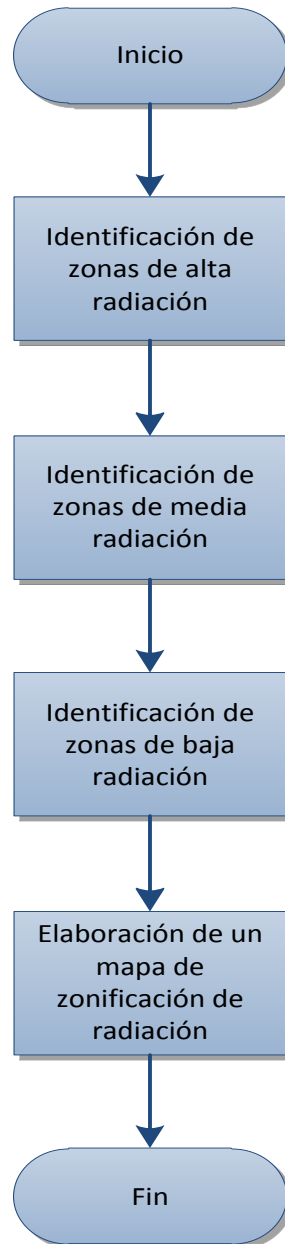


Figura 0.1. Metodología de trabajo para la identificación de las potencialidades del aprovechamiento de energía solar en el PR Jipiro

Fuente: Diseño de autores.



Figura 0.2. Mapa de zonificación del nivel de radiación solar en el PR Jipiro.

Fuente: Diseño de autores.

Debido a las limitaciones existentes en los plazos de ejecución del proyecto, se decidió realizar una zonificación preliminar de niveles de radiación (ver Figura 3.2). La observación in situ se realizó durante 3 días consecutivos del mes de septiembre de 2014, entre las 9h00 y las 18h00.

Se consideró como zonas de alta radiación, a aquellas en las que el Sol llega directamente a la superficie, sin ningún obstáculo. Las zonas de radiación media se relacionan con aquellas con obstáculos moderados, y, las de baja radiación con las zonas cubiertas por bosques.

La zonificación muestra que alrededor del 50% de la superficie del PRJ recibe alta radiación solar, lo que vuelve muy atractiva a la idea de aprovechar la energía solar. Bajo la premisa de implementar estaciones de aprovechamiento de energía solar, que por una parte capturen energía solar para potenciar las actividades propias del parque, y, que por otra sirvan como estaciones demostrativas y de capacitación; y, a través de una lluvia de ideas, el grupo de trabajo pudo identificar al menos 3 potenciales aprovechamientos de energía solar: botes solares en el sector de la, árboles solares en el sector del juego de ajedrez a escala y, árboles solares y/o módulos fotovoltaicos en el sector de las canchas deportivas y de competencia

CAPÍTULO 4
EL CASTILLO EUROLATINO, UN CASO PARTICULAR.

4.1. Introducción

En un trabajo anterior, se analizó la potencialidad del aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar diversos procesos en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ) de la ciudad de Loja, Ecuador. Como resultado se determinó la posibilidad de aprovechar energía solar, y eólico.

En este documento, se explicará el interés especial que tiene el denominado Castillo Eurolatino (CE), entre las estructuras existentes en parque. En los años 90, en el CE funcionó un centro de alfabetización informática, uno de los primeros centros comunales polivalentes públicos. Por esta razón, y, en el marco de este proyecto, se propuso recuperar el rol del CE y convertirlo en un centro de alfabetización tecnológica y energética.

Además se presentan los resultados de describir el uso actual del CE, y, de esquematizar la arquitectura de las aplicaciones requeridas para aprovechar energía solar, y eólica para iluminación monumental de la edificación

4.2. Aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el castillo Eurolatino del PRJ

4.2.1. Generalidades y uso actual del CE

Un lugar especial entre todas las estructuras existentes en el PRJ, lo ocupa el denominado Castillo Eurolatino (ver Figura. 4.1).



Figura 0.1. Panorámica del Castillo Eurolatino del PRJ.

Fuente: Fotografía de autores.

En los años 90, esta estructura fue identificada con un centro de alfabetización informática, constituyéndose en uno de los primeros centros comunales polivalentes públicos. Desde esta perspectiva, se propuso recuperar el rol del castillo y convertirlo en un centro de alfabetización tecnológica y energética.

En la dimensión energética, el grupo de trabajo identificó el potencial de la edificación para aprovechar energía solar, eólica, y humana, tanto para iluminación monumental como para alimentar dispositivos electrónicos de bajo consumo (ver Figura 4.2).

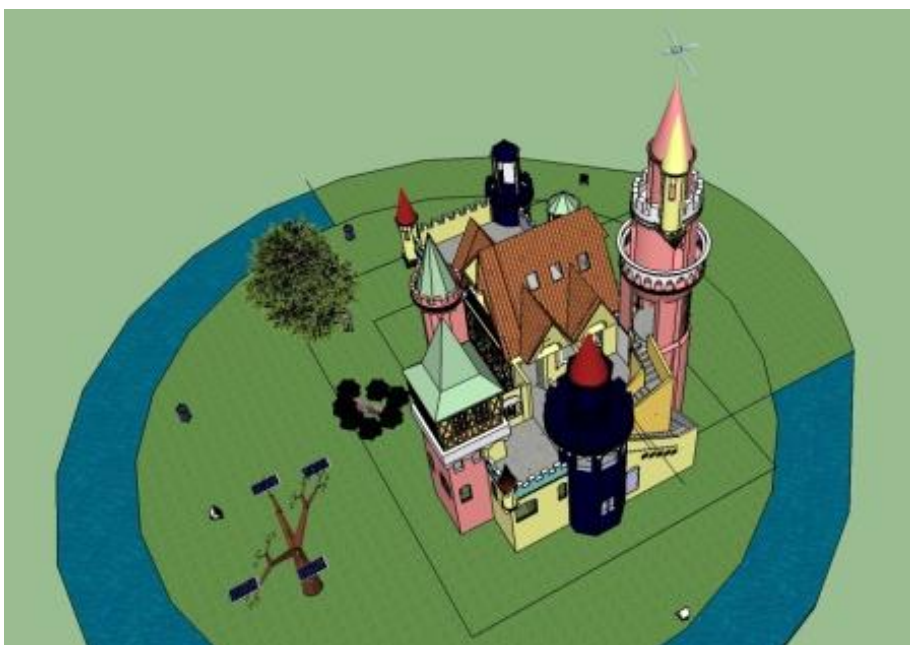


Figura 0.2. Propuesta para aprovechamiento de energía renovable en el Castillo Eurolatino.

Fuente: Diseño de autores.

El CE se ubica al NE del Parque Recreacional Jipiro (PRJ) de la ciudad de Loja, junto a la avenida Salvador Bustamante Celi (ver Figura 4.3 y 4.4). Las instalaciones del CE están abiertas al público, de lunes a sábado, entre las 8h00 y 18h00, y, los domingos entre las 8h30 y las 18h30.

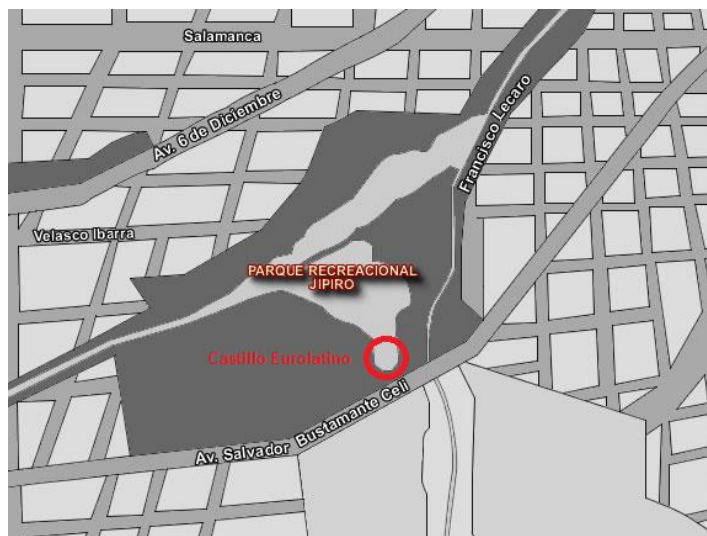


Figura 0.3. Ubicación del Castillo Eurolatino en el PRJ.

Fuente: Diseño de autores.

El CE cuenta con espacios aprovechables en 2 plantas. En la planta baja funciona una computecca (ver Figura 4.5) equipada para impartir cursos de formación en TICs a escuelas y colegios de la ciudad (ver Tabla 4.1).



Figura 0.4. Panorámica del CE del PRJ.

Fuente: Fotografía de autores.



Figura 0.5. Panorámica de la computecca del CE.

Fuente: Fotografía de autores.

Tabla 0.1. Equipamiento de la computecca del CE.

Equipo	Cant.
Pizarrón	1
Mesa redonda	2
Computadora	17
Proyector	1
Silla	11
Silla doble	10
Pupitres	17
Escritorio	1
Armario de madera	3
Extintor	2
Basurero	1
Router	1
Hub	1
Impresora	1
Teléfono	1

Fuente: Diseño de autores.

En la primera planta alta operan una videoteca, una biblioteca, una sala de ajedrez, y una ludoteca (ver Figura 4.6 a la 4.9). Los recursos disponibles son escasos.



Figura 0.6. Panorámica de la videoteca del CE.

Fuente: Fotografía de autores.



Figura 0.7. Panorámica de la biblioteca del CE.

Fuente: Fotografía de autores.



Figura 0.8. Panorámica de la ludoteca del CE.

Fuente: Fotografía de autores.



Figura 0.9. Panorámica de la sala de ajedrez del CE.

Fuente: Fotografía de autores.

4.2.2. Marco conceptual de la propuesta

En el marco de este proyecto, se propone recuperar el rol del CE y convertirlo en un centro de alfabetización tecnológica y energética con énfasis en el segmento K6 – K12.

Para la operación del CE como centro de alfabetización energética, se propone la consolidación de una propuesta metodológica de alfabetización, y, la implementación de estaciones demostrativas del aprovechamiento de energía solar, eólica, y humana.

En lo metodológico, se adaptará la iniciativa diseñada en la Sección de Electrónica y Telecomunicaciones del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, de la Universidad Técnica Particular de Loja, denominada taller de alfabetización energética para el aprovechamiento de energía solar, diseñado para niños con edades entre K6 y K12.

En lo tecnológico, se diseñaran e instalarán un sistema fotovoltaico y un sistema eólico, (ver Figura 4.10).

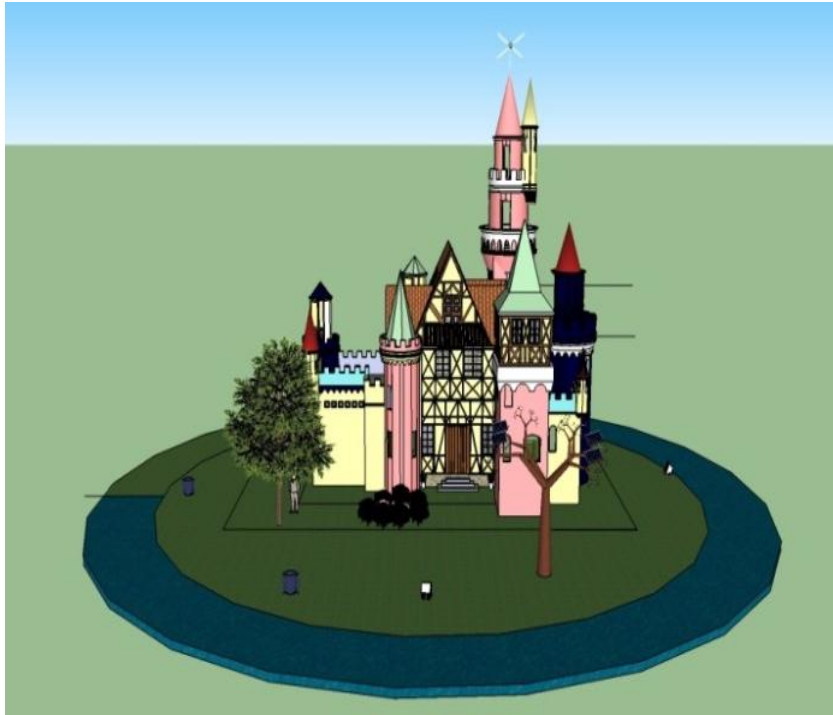


Figura 0.10. Panorámica del CE con la implementación de las estaciones demostrativas.

Fuente: Diseño de autores.

4.2.3. Energía Fotovoltaica para iluminación monumental del CE

Para potenciar la iluminación monumental del CE, se plantea instalar un sistema fotovoltaico. Para optimizar la captura de energía solar, los módulos solares se instalarán sobre un árbol falso, de aproximadamente 6 m de altura, ubicado en la zona de acceso al CE (ver Figura 4.11).



Figura 0.11. Panorámica del árbol falso para la captura de energía solar, en las inmediaciones del CE.

Fuente: Diseño de autores.

4.2.3.1. Sobre la arquitectura del sistema

El sistema fotovoltaico de provisión de energía propuesto, estará constituido por cuatro módulos principales (ver Figura 4.12).

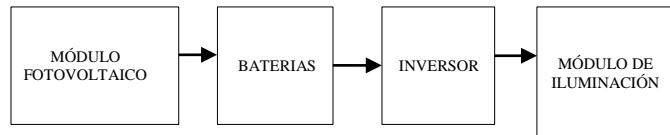


Figura 0.12. Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico de provisión de energía.

Fuente: Diseño de autores.

Para iluminar el CE se plantea utilizar 3 reflectores LED de exterior (ver Figura 4.13 y Tabla 2), de 100 W cada uno. Se espera que la iluminación monumental opere 6 h por día.



Figura 0.13. Vista panorámica de un reflector LED exterior de 100W.

Fuente: Imagen obtenida de Internet [2].

Tabla 0.2. Características técnicas de reflectores LED de exterior de 100W.

Potencia	100 W
Alimentación	AC 85 -265V
Flujo Luminoso	7500 Lm
Ángulo	120°
Color de Luz	Blanco
Temperatura de Color	5500-6500 K
Temperatura de Trabajo	-40°C/55°C
Protección	IP 65
Dimensiones	225*183*115mm
Peso	1.6 Kg
Material	Aluminio

Fuente: Tabla obtenida de Internet [2].

4.2.3.2. Sobre los módulos fotovoltaicos a utilizar

El consumo diario de energía de los reflectores se calcula a través de la ecuación (1) [2], obteniendo un valor de 1800 Wh/día.

$$CT_d = U * D * t \quad (1)$$

En dónde,

CT_d , es el consumo total de energía de los reflectores, Wh/día.

U, Cantidad de reflectores a emplear, U.

D, es la potencia de consumo de los reflectores, W.

t, es el tiempo de funcionamiento de los reflectores en un día, h/día .

La carga en corriente directa CT_{CA} , se calcula multiplicando el consumo diario de energía por un coeficiente de reserva equivalente al 5%. Como resultado CT_{CA} se estima en 1890 Wh/día.

La tensión V_{cc} del sistema, es la tensión nominal en la cual trabaja el sistema. Para este proyecto se decidió trabajar en 24V. Entonces, la carga diaria de corriente, se determina a través de la ecuación (2) [3], con un resultado de 78,75 Ah.

$$I_{CD} = \frac{CT_{CA}}{V_{CC}} \quad (2)$$

En dónde,

I_{CD} , es la carga diaria de corriente, Ah.

V_{CC} , es la tensión de CC del sistema, V.

La carga de corriente corregida, se calcula en 82,7 Ah, a través de la expresión (3) [2], para un factor de seguridad del 5%.

$$I_{CC} = I_{CD} * fs \quad (3)$$

En dónde,

I_{CC} , es la carga de corriente corregida, Ah.

fs, es el factor de seguridad, %.

Según el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, la ciudad de Loja registra una radiación solar promedio anual de 4,5 KWh/m². Entonces, la corriente pico del sistema que será provista por el bloque fotovoltaico, se determina en 17,23 A utilizando la ecuación (4) [3]:

$$I_{\text{pico}} = \frac{I_{\text{CC}}}{RS} \quad (4)$$

En dónde,

I_{pico} , es la corriente pico del sistema, A.

RS , es la radiación solar, KWh/m².

Para este proyecto, se decidió emplear paneles solares tipo GMA250 (ver Tabla 3), con una corriente pico de 8,2 A a 24V [4]. El número de módulos solares requeridos, en un arreglo paralelo, se determinó en 2, a través de la expresión (5) [3]:

$$A_{\text{mod}} = \frac{I_{\text{pico}}}{I_{\text{panel}}} \quad (5)$$

En dónde,

A_{mod} , es el arreglo de módulos solares requeridos, unid.

I_{panel} , es la corriente pico del módulo, A.

Tabla 0.3. Características técnicas de los módulos GMASOLAR.

Parámetro	GMA 250-60
Nominal Peak Power (Wp)	250 W
Nominal Voltage (Vmp)	30.5 V
Nominal Current (Imp)	8.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.6 V
Short Circuit Current (Isc)	8.87 A
Module Efficiency (%)	15.40%
Maximum System Voltage	600 VDC (UL) 1000 VDC (IEC)
STC:1000W/m ² , 25°C, AM=1,5	

Fuente: Tabla obtenida de Internet [4].

La tensión de corriente continua nominal, se calculó en 1 V, con ayuda de la expresión (6) [2]:

$$T_{\text{CCn}} = \frac{T_{\text{CC}}}{T_{\text{CCl}}} \quad (6)$$

En dónde,

Tccn, es la tensión de corriente continua nominal, V.

Tcci, es la tensión de corriente continua del panel solar, V.

El número total de módulos se calculó en 2, través de la expresión (7) [2]:

$$N_{tm} = A_{mod} * T_{CCn} \quad (7)$$

En dónde,

Ntm, es el número total de módulos, unid

Para proveer la energía requerida y alimentar al sistema en 24V, se necesita de 2 paneles solares conectados en serie.

4.2.3.3. Sobre el storage de energía

La energía proporcionada por el bloque fotovoltaico, se almacenará en un banco de baterías, cuya capacidad de almacenamiento está dada por la ecuación (8) [3]. Para una reserva de 2 días, la capacidad nominal de las baterías se estimó en 165,4 Ah.

$$C_{NBB} = I_{CC} * D_r \quad (8)$$

En dónde,

CNBB, es la capacidad nominal del banco de baterías, Ah.

Dr, es el número de días de reserva, unidad.

Para este proyecto, se preseleccionó baterías tipo Ritar RT12-120, de 12 Ah y 12 V, con una profundidad de descarga del 80% (ver Tabla 4). En estas condiciones, la capacidad corregida del banco de baterías se calculó en 206,75 Ah, a través de la ecuación (9) [3]:

$$C_{CBB} = \frac{C_{NBB}}{P_d} \quad (9)$$

En dónde,

CCBB, es la capacidad corregida del banco de baterías, Ah.

Pd, es la profundidad de descarga, %.

El número requerido de baterías, conectadas en paralelo, se determinó en 2, a través de la ecuación (10) [3]:

$$A_{BP} = \frac{C_{CBB}}{C_{NB}} \quad (10)$$

En dónde,

ABP, es el arreglo de baterías en paralelo, unid.

CNB, es la capacidad nominal de la batería, Ah.

Considerando que la batería seleccionada opera en 24V, se utilizará 2 baterías en serie.

Tabla 0.4. Características técnicas de las baterías AGM 24V 120Ah VISION.

<ul style="list-style-type: none"> • Nominal Volatge 24V • Number of cell 6 • Nominal Capacity 25°C 10 hour rate (12.0A. 10.8V) 120Ah • Internal Resistance Fully Charged battery 25°C 4.3mOhms • Self-Discharge 3% of capacity declined per mount at 20°C (overage) • Operating Temperature Range Discharge 20-60°C Charge 10-60°C Storage 20-60°C • Max Discharge Current 25°C 950A (5s) • Short Circuit Current 2250A • Charge Methods: Constant Voltage Charge 25°C Cycle use 14.4-14.7V Maximum charging current 36A Temperature compensation -30mV/°C • Standby use 13.6-13.8V Temperature compensation -20mV/°C
--

Fuente: Tabla obtenida de Internet [5].

4.2.3.4. Sobre el inversor

La elección del inversor se basa en la carga pico y en el voltaje del sistema. Para este proyecto se eligió el inversor Victron Energy Phoenix 24/350, que soporta una carga pico mayor a 300 W. y que opera en un voltaje de 24V.

4.2.3.5. Presupuesto tentativo

La Tabla 5 resume el presupuesto tentativo para la implementación del sistema fotovoltaico para la iluminación monumental del CE.

Tabla 0.5. Presupuesto tentativo de inversión en el sistema fotovoltaico de iluminación del CE.

Rubro	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Precio total
Árbol metálico	1	1220,00	1220,00
Anclaje del árbol	1	100,00	100,00
Panel solar	2	528,00	1056,00
Inversor	1	429,00	429,00
Batería	2	400,00	800,00
Reflector LED 100W	3	80,00	240,00
Instalación	1	600,00	600,00
Caja de conexiones	1	50,00	50,00
Imprevistos	1	1029,37	1029,37
		Total	5524,37

Fuente: Diseño de autores.

4.2.4. Energía eólica para iluminación monumental del CE.

La provisión de energía para la iluminación monumental del CE se complementará con energía proveniente de un sistema eólico, conformado por un módulo eólico, uno de storage y control, y uno de iluminación (ver Figura 4.14).



Figura 0.14. Panorámica del sistema eólico en el CE.

Fuente: Diseño de autores.

Un aerogenerador se ubicará en la torre más alta del CE y entregará energía a un sistema, de manera tal que la energía generada por el aerogenerador aporte a reducir el consumo desde la red eléctrica pública.

4.2.4.1. Sobre la arquitectura del sistema

El sistema eólico de provisión de energía propuesto, está constituido por cuatro módulos principales (ver Figura 4.15).

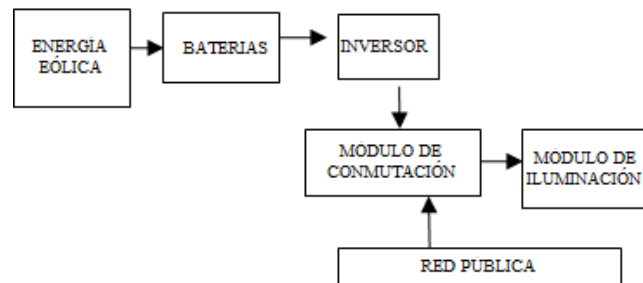


Figura 0.15. Diagrama de bloques del sistema eólico de provisión de energía.

Fuente: Diseño de autores.

4.2.4.2. Sobre el dimensionamiento de la carga total requerida

La Tabla 6 muestra la información relevante para el dimensionamiento de la carga total requerida para iluminar la parte superior de las torres del CE.

Tabla 0.6. Información para el dimensionamiento de la carga total requerida para iluminación de torres.

Unidades	Demanda, W	Tiempo uso, h
3 focos ahorradores	20	6
Carga Pico	60	

Fuente: Diseño de autores.

El consumo diario de energía de las lámparas en formato CD, se calcula entonces en 360 Wh/día (ver expresión 1) [2]. El consumo diario en formato CA se establece en 378 Wh/día. La carga diaria de corriente se calculó en 15,75Ah (ver expresión 2), para un voltaje de 24 V. Por último, la carga de corriente corregida, se calculó a través de la expresión (3) en 16,54 Ah.

4.2.4.3. Sobre el viento disponible

La información sobre viento disponible en el PRJ se obtuvo de una de las estaciones meteorológicas de la red de UTPL, ubicada en Jipiro Alto, a 3°58'21" S y 79°11'24" O (ver Tabla 7).

Tabla 0.7. Promedio mensualizado de velocidad del viento en el sector de Jipiro, año 2014.

Mes de año	Velocidad promedio, m/s
Enero	2,36
Febrero	2,00
Marzo	2,76
Abril	2,85
Mayo	3,17
Junio	4,31
Julio	5,87
Agosto	5,22
Septiembre	4,97
Octubre	2,81
Noviembre	2,15
Diciembre	2,36
Promedio global	3,40

Fuente: Diseño de autores.

En el marco de este proyecto, se decidió seleccionar el aerogenerador Air 40, cuya velocidad de inicio es de 3,1 m/s, y, la velocidad promedio requerida del viento es de 6 m/s (ver Figura 4.16 y Tabla 8).



Figura 0.16. Diagrama de bloques del sistema eólico de provisión de energía.

Imagen obtenida de Internet [6].

Tabla 0.8. Especificaciones técnicas del aerogenerador Air40.

Energy	Approx. 40KWh a month at 6 m/s
Swept Area	1.07m ²
Rotor Area	1.17 m
Weight	5.9kg
Shipping Dimensions	686 x 318 x 229 mm
Start Wind Speed	3.1 m/s
Voltage	12,24,48 V

Turbine Control	Microprocessor-based smart internal regulation
Body	Permanent mold cast aluminum
Blades	(3) Injection-molded composite
Alternator	Permanent magnet brushless
Overspeed Protection	Electronic torque control
Survival Wind Speed	49.2 m/s
Mount	1.5 in schedule 40 pipe 1.9 (48 mm) outer diameter

Fuente: Tabla obtenida de Internet [6].

La densidad del aire en la ciudad de Loja, a una temperatura promedio de 18° C y una altura de 2400 m sobre el nivel del mar, se determina en $0.91 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ utilizando la ecuación (11) [6]:

$$\rho = 1.225 \left(\frac{288}{t + 273} \right) e^{-\left(\frac{h}{8435} \right)} \quad (11)$$

En dónde,

t, es el temperatura promedio, °C.

h, es la altura sobre el nivel del mar, m.

La potencia aerodinámica extraída por el rotor del viento, en condiciones ideales y con una aeroturbina también ideal, se determina por la ecuación (12) [7]:

$$W_R = \frac{8}{27} \rho A V^3 \quad (12)$$

En dónde,

W_R , es la potencia máxima del viento, W

ρ , es la densidad del aire, kg/m³

A, es la superficie barrida por las aspas de la hélice, m²

V, es la velocidad del viento, m/s

La potencia eólica disponible por área expuesta al viento, se determina por la ecuación (13) [7]:

$$W_V = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (13)$$

En dónde,

- W_V , es la potencia eólica disponible, W.
 ρ , es la densidad del aire, kg/m³.
 A , es la superficie barrida por las aspas de la hélice, m².
 V , es la velocidad del viento, m/s.

El rendimiento energético de captación, depende del rendimiento aerodinámico con el cual funciona el rotor de la aeroturbina, y expresa la cantidad de potencia que realmente es capturada por el rotor. Este valor se determina por la ecuación (14) [7]:

$$C_p = \frac{W_R}{W_V} \quad (14)$$

En dónde,

- W_R , es la potencia máxima del viento, W.
 W_V , es la potencia eólica disponible, W.

La Tabla 9 muestra los resultados obtenidos para las expresiones (12), (13) y (14), para cada mes del año. Los resultados muestran que el aerogenerador seleccionado puede aportar, en promedio, 28.03W/m² de potencia.

Tabla 0.9. Resultado del dimensionamiento eólico.

Mes	Velocidad promedio (m/s)	Potencia eólica disponible (W/m ²)	Potencia máxima del viento (W/m ²)	Cp (%)
Enero	2,36	6,40	3,79	59,26%
Febrero	2,00	3,89	2,31	59,26%
Marzo	2,76	10,24	6,07	59,26%
Abril	2,85	11,30	6,70	59,26%
Mayo	3,17	15,52	9,20	59,26%
Junio	4,31	38,95	23,08	59,26%
Julio	5,87	98,58	58,42	59,26%
Agosto	5,22	69,60	41,24	59,26%
Septiembre	4,97	59,80	35,44	59,26%
Octubre	2,81	10,80	6,40	59,26%
Noviembre	2,15	4,85	2,88	59,26%
Diciembre	2,36	6,40	3,79	59,26%
Promedio global	3,40	28,03	16,61	59,26%

Fuente: Diseño de autores.

El área barrida por las aspas del aerogenerador se calculó en 1,08 m², utilizando la ecuación (15):

$$A = \pi \times r^2 \quad (15)$$

En dónde,

r , es el radio del aerogenerador, m.

La potencia total promedio aportada se determinó en 30,3W, utilizando la ecuación (16):

$$P_{Tp} = A \times W_{vp} \quad (19)$$

En dónde,

P_{Tp} , es la potencia total, W.

A , es el área del aerogenerador, m².

W_{vp} , es la potencia promedio eólica disponible, W/m².

Los resultados muestran que el sistema eólico podría aportar el 50.5% de la potencia total requerida para alimentar la iluminación de las torres del CE.

4.2.4.4. Sobre el bloque de storage de energía

La energía proporcionada por el bloque eólico, se almacenará en un banco de baterías, cuyo diseño corresponde a lo detallado en el apartado correspondiente en el sistema fotovoltaico. Para este proyecto, se utilizará una única batería Ritar RT12-120m de 12 Ah y 24 V, con una profundidad de descarga es del 80%.

4.2.4.5. Sobre el inversor

En este proyecto se utilizará el inversor Victron Energy Phoenix 24/180, con una carga pico mayor a los 60 W, y un voltaje de 24V

4.2.4.6. Sobre el módulo de conmutación

La Figura 4.17 muestra el flujograma de la lógica de operación propuesta para el módulo de conmutación, que operará en régimen automático.

En una primera etapa, se monitorea el nivel de voltaje en los bornes de las baterías del módulo de storage. Un descenso en el nivel más allá de lo permitido, emite una señal que activa la segunda etapa.

En la segunda etapa, un temporizador crea un delay en la activación de un relé, que redirecciona la alimentación del módulo de iluminación, hacia la red pública eléctrica [9].

La Figura 4.18, muestra el esquema del circuito detector de nivel de carga en las baterías. A un determinado nivel de voltaje en los bornes de las baterías (umbral), el módulo de storage pasa del régimen descarga al de standby, o, viceversa, en función de la dirección del paso.

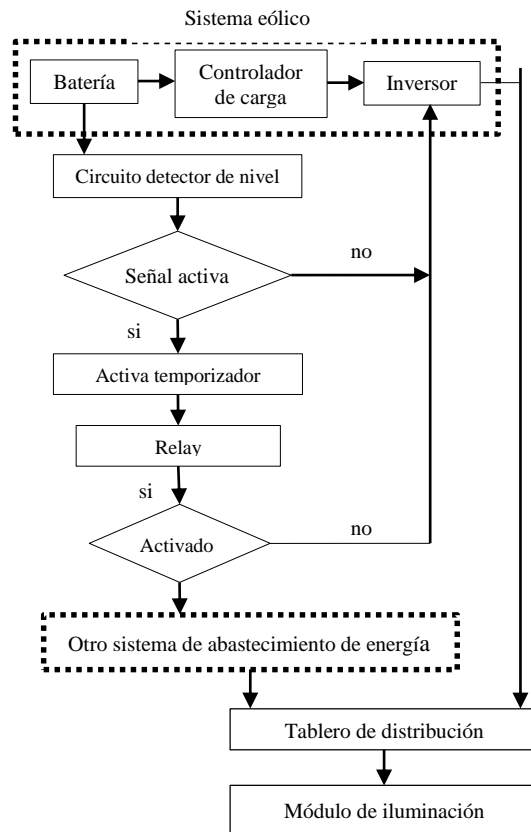


Figura 0.17. Flujograma de la lógica de operación propuesta para el módulo de conmutación del sistema híbrido.

Imagen obtenida de Internet [9].

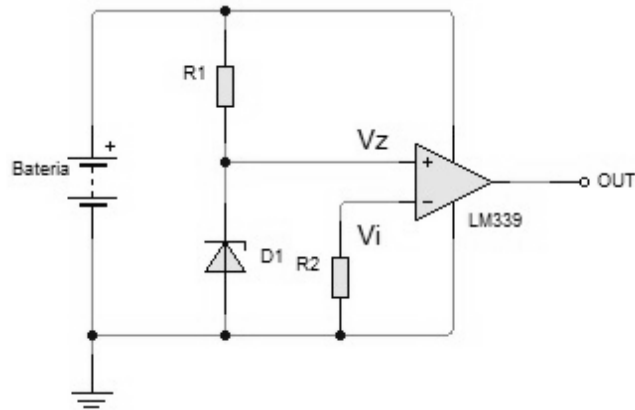


Figura 0.18. Esquema del circuito detector de nivel en las baterías.

Imagen obtenida de Internet [9].

En el esquema, el integrado LM339 compara la tensión en la entrada directa V_i , con la tensión de referencia del diodo Zener V_z , y, su salida se activa de acuerdo a la lógica descrita en la expresión (20) [8]:

$$\begin{cases} V_z < V_i \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) & \rightarrow \text{señal activa} \\ V_z > V_i \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) & \rightarrow \text{señal desactiva} \end{cases} \quad (20)$$

A partir de una resistencia de $10\text{K}\Omega$ en el resistor R_1 , la expresión (20) determinó que para el resistor R_2 se requeriría de una resistencia mayor a 34Ω . Considerando la disponibilidad, se decidió emplear un potenciómetro de $5\text{K}\Omega$, aún a riesgo de sacrificar el ajuste de la resistencia [9].

4.2.4.7. Presupuesto tentativo

La Tabla 10 resume el presupuesto tentativo para la implementación del sistema eólico para la iluminación monumental de las torres del CE.

Tabla 0.10. Presupuesto tentativo de inversión en el sistema eólico de iluminación del CE.

Rubro	Cantidad	CU, USD	Total
Aerogenerador	1	1554,56	1554,56
Estructura de soporte	1	450,00	450,00
Inversor	1	429,00	233,46
Batería	1	280,00	280,00

Foco ahorrador 20W	3	02,00	6,00
Instalación	1	400,00	400,00
Caja de conexiones	1	50,00	50,00
Imprevistos	1	773,42	773,42
		TOTAL	3747,44

Fuente: Diseño de autores.

CONCLUSIONES

- Con una extensión de 10 Ha, el PRJ se constituye en uno de los principales centros de recreación de la ciudad de Loja.
- La observación in situ del territorio del PRJ, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.
- Los resultados muestran la factibilidad técnica y económica de potenciar el sistema de iluminación monumental del CE, utilizando una arquitectura híbrida que conjugue energía solar, energía eólica, y, energía de la red eléctrica pública.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Parque Recreacional Jipiro [Online]. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox>. Consulta de noviembre de 2014
- [2] Corporación LedMX. “Reflector de 100W”. Solución en iluminación. [Online]: Disponible en: <http://store.ledmx.com/mx/home/27-reflector-100w.html> [Consulta Julio 2013].
- [3] CONECEL. “Atlas Solar del Ecuador”. Corporación para la investigación energética. [Online]: Disponible en: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf [Consulta Julio 2013].
- [4] GMA Solar “GMA 60-M Series 180-200W”. [Online]: Disponible en: <http://www.gmasolar.ca/site/wpcontent/uploads/2014/05/GMA-230M-260M-MC4-A-2-lines.pdf> [Consulta Julio 2013].
- [5] AutoSolar. “Batería AGM 24V 120Ah VISION”. [Online]: Disponible en: https://autosolar.es/baterias/bateria-24v/Bater%C3%ADa-AGM-24V-120Ah-VISION_precio [Consulta Julio 2013].
- [6] Windtechnik.nl “Datasheet Air 40”. [Online]: Disponible en: <http://windtechnik.nl/Folders%20voor%20Web/AIR-40-Spec-REVB.PDF> > [Consulta Julio 2013].
- [7] Universidad de Cuenca “Análisis Energético de Centrales Eólicas”. [Online]: Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/699/1/te330.pdf> [Consulta Enero 2015].
- [8] AEE. “La Energía Producida por un Aerogenerador”. [Online]: Disponible en: http://www.tech4cdm.com/userfiles/Sesion2_eol_per_Tecnologia.pdf > [Consulta Enero 2015].
- [9] UTPL “Implementación de un sistema híbrido de provisión de energía para iluminación de una isla experimental en el campus UTPL”. [Online]: Disponible en: http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7889/3/Utpl_Cueva_Enriquez_Rodrig_o_1133797.pdf [Consulta Enero 2015].

ANEXOS

Aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino del Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja

#1Juan Maldonado, #2Jorge Luis Jaramillo

#1 Profesional en formación IET, Universidad Técnica Particular de Loja
#2 Docente investigador STE DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador

¹jfmaldonado2@utpl.edu.ec, ²jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen — Se describe los resultados obtenidos en la identificación de opciones para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos propios del Castillo Eurolatino en el Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja.

Palabras claves — energía, energía renovable, aprovechamiento de energía renovable, aprovechamiento de energía renovable en espacios públicos, Parque Recreacional Jipiro, Castillo Eurolatino.

I. INTRODUCCIÓN

En el mes de septiembre del 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local.

En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este documento se presentan los resultados obtenidos, en torno a la identificación de opciones tecnológicas para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía para potenciar los procesos del Castillo Eurolatino.

II. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, POTENCIALMENTE APROVECHABLES EN EL PRJ

En relación al aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el PRJ, se encargó a la Sección de Telecomunicaciones y Electrónica (STE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) la coordinación de la mesa de trabajo, invitándose también a investigadores del Departamento de Arquitectura y Artes (DAA). En el

GADM de Loja, la representación se asignó a la Dirección de Electrónica y Telecomunicaciones.

Conformada la mesa de trabajo, se diseñó y aprobó una aproximación metodológica para responder a los requerimientos planteados (ver Fig.1).

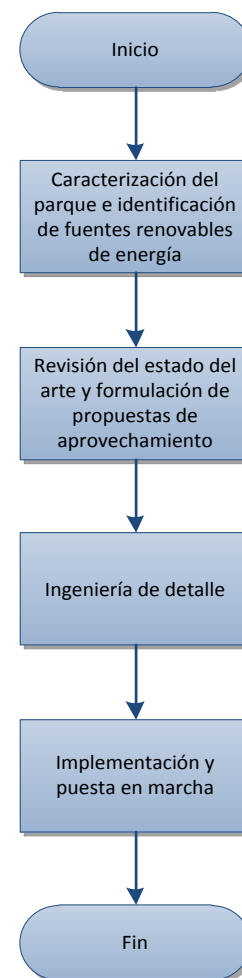


Fig 1. Metodología de trabajo de la mesa conformada. Diseño de autores.

La etapa de caracterización del parque e identificación de fuentes renovables de energía, se

propuso para actualizar la información disponible sobre el PRJ, y, en base a la observación directa en el territorio, identificar las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar procesos actuales o por implementar en el parque.

Con la intención de optimizar los recursos disponibles, se decidió plantear una etapa de revisión bibliográfica del estado del arte en el aprovechamiento de energía de fuentes renovables en espacios públicos, que permita identificar las mejores prácticas en funcionamiento en espacios similares.

Culminadas las 2 primeras etapas, los resultados obtenidos fueron socializados con los delegados del GADM, a fin de obtener una priorización desde la perspectiva municipal. Las propuestas priorizadas pasaron a una etapa de ingeniería de detalle, cuyo resultado fue la elaboración de esquemas mecánicos, electrónicos, eléctricos, de obra civil, entre otros.

En la mesa de trabajo, se decidió aperturar las etapas de implementación y gestión, en función de la disponibilidad de recursos para financiar las obras requeridas.

Para la ejecución de las etapas metodológicas propuestas, se conformó un equipo de trabajo integrado por 10 estudiantes de la titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, que aceptaron apoyar en la iniciativa como parte de su trabajo de fin de titulación. La subdivisión de este equipo de trabajo, permitió profundizar en el análisis de las diversas formas de energía renovable existentes en el parque.

III. CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA

A. *Un poco de historia*

El PRJ se ubica en el barrio del mismo nombre, al norte de la ciudad de Loja (Ecuador), y, posee una extensión de 10 Ha, donadas a la ciudad de Loja por el filántropo Daniel Álvarez Burneo.

En la década de los años sesenta del siglo pasado, el entonces Alcalde la ciudad, Dr. Vicente Burneo, abrió la posibilidad de que la propiedad se destine a la construcción de un espacio de recreación y entretenimiento.

En la década de los ochenta, se realizó la primera intervención planificada para la dotación de la infraestructura física necesaria, bajo el motivo de la interculturalidad. En esta etapa, la laguna existente fue conectada mediante un canal con la quebrada de Jipiro.

Oficialmente, el PRJ nació en 1988 durante la alcaldía del Dr. José Bolívar Castillo. Se desarrolló el

concepto de parque temático, edificando infraestructura recreacional, educacional y/o administrativa que reproduzca la arquitectura representativa de algunos países y regiones. En el territorio del PRJ, a través de un recorrido lúdico que conjuga arquitectura y esparcimiento, la ciudadanía se acerca al conocimiento de los núcleos culturales más destacados en el mundo.

B. *Zonificación del PRJ*

Existen 2 zonas claramente definidas, separadas por el río Zamora, y articuladas a través de un nodo comunicador en forma de un puente peatonal (ver Fig.2). En estas zonas coexisten los monumentos temáticos (proyecto de las culturas), y, los espacios recreativos y de competencia deportiva. El flujo de visitantes en las zonas se dirige a través de senderos, con la respectiva señalética y equipados con mobiliario urbano.

El acceso al PRJ se realiza desde las 3 vías que circunvalan el territorio (Av. Salvador Bustamante Celi, Av. Velasco Ibarra y Pasaje "H").

C. *Otras facilidades el PRJ*

En el territorio del PRJ existen diversos espacios dedicados a la recreación: juegos infantiles, juego de ajedrez, réplica de una locomotora a vapor, laguna y recorrido acuático, área de camping, y, minizoológico.

Entre los servicios que ofrece el PRJ se cuentan 2 plazas de estacionamientos (una para el área recreativa y otro para la zona deportiva), baterías sanitarias, y, senderos.

D. *Identificación preliminar de las fuentes renovables de energía aprovechables en el territorio del PR Jipiro*

La observación in situ del territorio del PRJ, y, la consideración del desarrollo prospectivo que la administración del GADM desea construir en el parque, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.

IV. EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN EL PRJ

Para evaluar las potencialidades de aprovechamiento de energía solar en el PRJ, se decidió aplicar la metodología de trabajo mostrada en la Fig.2.

Entre los servicios que ofrece el PRJ se cuentan 2 plazas de estacionamientos (una para el área recreativa y otro para la zona deportiva), baterías sanitarias, y, senderos.

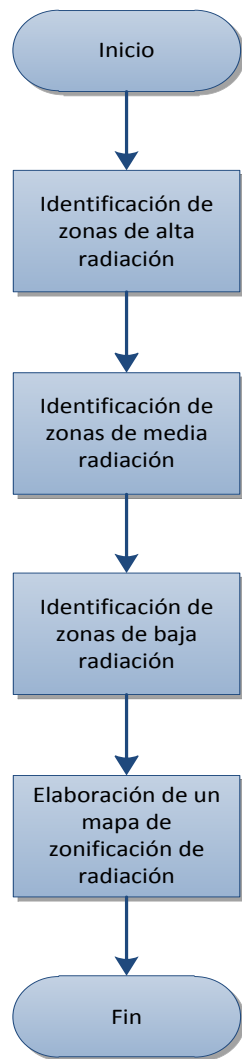


Fig 2. Metodología de trabajo para la identificación de las potencialidades del aprovechamiento de energía solar en el PR Jipiro. Diseño de autores.

Debido a las limitaciones existentes en los plazos de ejecución del proyecto, se decidió realizar una zonificación preliminar de niveles de radiación (ver Fig.2). La observación in situ se realizó durante 3 días consecutivos del mes de septiembre de 2014, entre las 9h00 y las 18h00.

Se consideró como zonas de alta radiación, a aquellas en las que el Sol llega directamente a la superficie, sin ningún obstáculo. Las zonas de radiación media se relacionan con aquellas con obstáculos moderados, y las de baja radiación con las zonas cubiertas por bosques.

La zonificación muestra que alrededor del 50% de la superficie del PRJ recibe alta radiación solar, lo que vuelve muy atractiva a la idea de aprovechar la energía solar. Bajo la premisa de implementar estaciones de aprovechamiento de energía solar, que por una parte capturen energía solar para potenciar las actividades propias del parque, y, que por otra sirvan como estaciones demostrativas y de capacitación; y, a través de una lluvia de ideas, el grupo de trabajo pudo identificar al menos 3 potenciales aprovechamientos

de energía solar: botes solares en el sector de la laguna, árboles solares en el sector del juego de ajedrez a escala, y, árboles solares y/o módulos fotovoltaicos en el sector de las canchas deportivas y de competencia.

V. EL CASTILLO EUROLATINO, UN CASO PARTICULAR

Un lugar especial entre todas las estructuras existentes en el PR Jipiro, lo ocupa el denominado Castillo Eurolatino (CE) (ver Fig.4).

En los años 90, esta estructura fue identificada con un centro de alfabetización informática, constituyéndose en uno de los primeros centros comunales polivalentes públicos. Desde esta perspectiva, se propuso recuperar el rol del castillo y convertirlo en un centro de alfabetización tecnológica y energética.

En la dimensión energética, el grupo de trabajo identificó el potencial de la edificación para aprovechar energía solar, eólica, y, humana, tanto para iluminación monumental como para alimentar dispositivos electrónicos de bajo consumo (ver Fig. 5).



Fig 4. Panorámica del Castillo Eurolatino del PRJ. Fotografía de los autores



Fig 3. Mapa de zonificación del nivel de radiación solar en el PR Jipiro. Diseño de autores.



Fig. 5. Vista panorámica de la implantación de las opciones para aprovechamiento de energía renovable en el Castillo Eurolatino. Diseño de autores.

A. Energía fotovoltaica para iluminación monumental del CE

Para potenciar la iluminación monumental del CE, se plantea instalar un sistema fotovoltaico constituido por cuatro módulos principales (ver Fig.6).

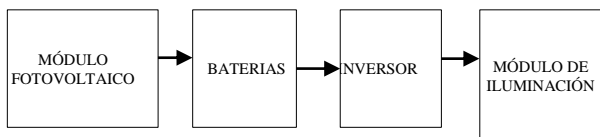


Fig. 6. Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico de provisión de energía. Diseño de los Autores.

Para *iluminar* el CE se plantea utilizar 3 reflectores LED de exterior (Tabla 1), de 100 W cada uno. Se espera que la iluminación monumental opere 6 h por día.

Tabla 1.

Características técnicas de reflectores LED de exterior de 100W [1].

Potencia	100 W
Alimentación	AC 85 -265V
Flujo Luminoso	7500 Lm
Ángulo	120°
Color de Luz	Blanco
Temperatura de Color	5500-6500 K
Temperatura de Trabajo	-40°C/55°C
Protección	IP 65
Dimensiones	225*183*115mm
Peso	1.6 Kg
Material	Aluminio

El consumo diario de energía de los reflectores se calcula a través de la ecuación (1) [2], obteniendo un valor de 1800 Wh/día.

$$CT_d = U * D * t \quad (1)$$

En dónde,

CT_d , es el consumo total de energía de los reflectores, Wh/día
 U , Cantidad de reflectores a emplear, U
 D , es la potencia de consumo de los reflectores, W
 t , es el tiempo de funcionamiento de los reflectores en un día, h/día

La carga en corriente directa CT_{CA} , se calcula multiplicando el consumo diario de energía por un coeficiente de reserva equivalente al 5%. Como resultado CT_{CA} se estima en 1890 Wh/día.

La tensión V_{CC} del sistema, es la tensión nominal en la cual trabaja el sistema. Para este proyecto se decidió trabajar en 24V. Entonces, la carga diaria de corriente, se determina a través de la ecuación (2) [1], con un resultado de 78,75 Ah.

$$I_{CD} = \frac{CT_{CA}}{V_{CC}} \quad (2)$$

En dónde,

I_{CD} , es la carga diaria de corriente, Ah
 V_{CC} , es la tensión de CC del sistema, V

La carga de corriente corregida, se calcula en 82,7 Ah, a través de la expresión (3) [2], para un factor de seguridad del 5%.

$$I_{CC} = I_{CD} * fs \quad (3)$$

En dónde,

I_{CC} , es la carga de corriente corregida, Ah
 fs , es el factor de seguridad, %

Según el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, la ciudad de Loja registra una radiación solar promedio anual de 4,5 KWh/m². Entonces, la corriente pico del sistema que será provista por el bloque fotovoltaico, se determina en 17,23 A utilizando la ecuación (4) [2].

$$I_{pico} = \frac{I_{CC}}{RS} \quad (4)$$

En dónde,

I_{pico} , es la corriente pico del sistema, A
 RS , es la radiación solar, KWh/m²

Para optimizar la captura de energía solar, los **módulos solares** se instalarán sobre un árbol falso, de aproximadamente 6 m de altura, ubicado en la zona de acceso al CE (ver Fig.7).



Fig 7. Panorámica del árbol falso para la captura de energía solar, en las inmediaciones del CE. Diseño de autores.

Para este proyecto, se decidió emplear paneles solares tipo GMA250 (ver Tabla 2), con una corriente pico de 8,2 A a 24V [3]. El número de módulos solares requeridos, en un arreglo paralelo, se determinó en 2, a través de la expresión (5) [2].

$$A_{mod} = \frac{I_{pico}}{I_{panel}} \quad (5)$$

En dónde,

A_{mod} , es el arreglo de módulos solares requeridos, unidad
 I_{panel} , es la corriente pico del módulo, A

Tabla 2.

Características técnicas de los módulos GMASOLAR [3].

Parámetro	GMA 250-60
Nominal Peak Power (Wp)	250 W
Nominal Voltage (Vmp)	30.5 V
Nominal Current (Imp)	8.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.6 V
Short Circuit Current (Isc)	8.87 A
Module Efficiency (%)	15.40%
Maximum System Voltage	600 VDC (UL) 1000 VDC (IEC)
STC:1000W/m2, 25°C, AM=1,5	

La tensión de corriente continua nominal, se calculó en 1 V, con ayuda de la expresión (6) [2].

$$T_{CCn} = \frac{T_{CC}}{T_{Ccl}} \quad (6)$$

En dónde,

T_{CCn} , es la tensión de corriente continua nominal, V
 T_{Ccl} , es la tensión de corriente continua del panel solar, V

El número total de módulos se calculó en 2, a través de la expresión (7) [2].

$$Nt_m = A_{mod} * T_{CCn} \quad (7)$$

En dónde,

Nt_m , es el número total de módulos, unidad

Para proveer la energía requerida y alimentar al sistema en 24V, se necesita de 2 paneles solares conectados en serie.

La energía proporcionada por los módulos fotovoltaicos se almacenará en un **banco de baterías**, cuya capacidad de almacenamiento está dada por la ecuación (8) [2]. Para una reserva de 2 días, la capacidad nominal de las baterías se estimó en 165,4 Ah.

$$C_{NBB} = I_{CC} * D_r \quad (8)$$

En dónde,

C_{NBB} , es la capacidad nominal del banco de baterías, Ah
 D_r , es el número de días de reserva, unidad

Para este proyecto, se preseleccionó baterías tipo Ritar RT12-120, de 12 Ah y 12 V, con una profundidad de descarga del 80%. En estas condiciones, la capacidad corregida del banco de baterías se calculó en 206,75 Ah, a través de la ecuación (9) [2].

$$C_{CBB} = \frac{C_{NBB}}{P_d} \quad (9)$$

En dónde,

C_{CBB} , es la capacidad corregida del banco de baterías, Ah
 P_d , es la profundidad de descarga, %

El número requerido de baterías, conectadas en paralelo, se determinó en 2, a través de la ecuación (10) [2].

$$A_{BP} = \frac{C_{CBB}}{C_{NB}} \quad (10)$$

En dónde,

A_{BP} , es el arreglo de baterías en paralelo, unidad
 C_{NB} , es la capacidad nominal de la batería, Ah

Considerando que la batería seleccionada opera en 24V, se utilizará 2 baterías en serie.

La elección del *inversor* se basa en la carga pico y en el voltaje del sistema. Para este proyecto se eligió el inversor Victron Energy Phoenix 24/350, que soporta una carga pico mayor a 300 W. y que opera en un voltaje de 24V.

La Tabla 3 resume el *presupuesto tentativo* para la implementación del sistema fotovoltaico para la iluminación monumental del CE.

Tabla 3.

Presupuesto tentativo de inversión en el sistema fotovoltaico de iluminación del CE. Diseño de autores.

Rubro	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Precio total
Árbol metálico	1	1220,00	1220,00
Anclaje del árbol	1	100,00	100,00
Panel solar	2	528,00	1056,00
Inversor	1	429,00	429,00
Batería	2	400,00	800,00
Reflector LED 100W	3	80,00	240,00
Instalación	1	600,00	600,00
Caja de conexiones	1	50,00	50,00
Imprevistos	1	1029,37	1029,37
Total			5524,37

B. Energía eólica para iluminación monumental del CE

La provisión de energía para la iluminación monumental del CE se complementará con energía proveniente de un sistema eólico, conformado por un módulo eólico, uno de storage y control, y uno de iluminación (ver Fig.8).



Fig 8. Panorámica del sistema eólico en el CE. Diseño de autores.

Un aerogenerador se ubicará en la torre más alta del CE y entregará energía a un sistema, de manera tal que la energía generada por el aerogenerador aporte a reducir el consumo desde la red eléctrica pública.

El sistema eólico de provisión de energía propuesto, tiene una *arquitectura* conformada por cuatro módulos principales (ver Fig.9).

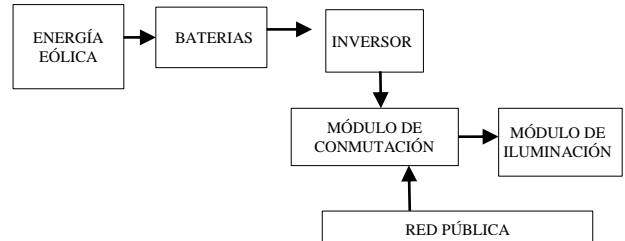


Fig. 9. Diagrama de bloques del sistema eólico de provisión de energía. Diseño de los Autores.

La Tabla 4 muestra la información relevante para el *dimensionamiento de la carga total requerida* para iluminar la parte superior de las torres del CE.

Tabla 4.

Información para el dimensionamiento de la carga total requerida para iluminación de torres. Diseño de los autores

Unidades	Demanda, W	Tiempo uso, h
3 focos ahorradores	20	6
Carga Pico	60	

El consumo diario de energía de las lámparas en formato CD, se calcula entonces en 360 Wh/día (ver expresión 1) [2]. El consumo diario en formato CA se establece en 378 Wh/día. La carga diaria de corriente se calculó en 15,75Ah (ver expresión 2), para un voltaje de 24 V. Por último, la carga de corriente corregida, se calculó a través de la expresión (3) en 16,54 Ah.

La información sobre *viento* disponible en el PRJ se obtuvo de una de las estaciones meteorológicas de la red de UTPL, ubicada en Jipiro Alto, a 3°58'21" S y 79°11'24" O (ver Tabla 5).

Tabla 5.

Promedio mensualizado de velocidad del viento en el sector de Jipiro, año 2014. Diseño de los autores.

Mes de año	Velocidad promedio, m/s
Enero	2,36
Febrero	2,00
Marzo	2,76
Abril	2,85
Mayo	3,17
Junio	4,31
Julio	5,87
Agosto	5,22
Septiembre	4,97
Octubre	2,81
Noviembre	2,15
Diciembre	2,36
Promedio global	3,40

En el marco de este proyecto, se decidió seleccionar el aerogenerador Air 40, cuya velocidad de inicio es de 3,1 m/s, y, la velocidad promedio requerida del viento es de 6 m/s (ver Fig. 10).



Fig. 10. Vista panorámica del aerogenerador Air 40 [5].

La densidad del aire en la ciudad de Loja, a una temperatura promedio de 18° C y una altura de 2400 m sobre el nivel del mar, se determina en $0.91 \frac{kg}{m^3}$ utilizando la ecuación (11) [6].

$$\rho = 1.225 \left(\frac{288}{t + 273} \right) e^{-\left(\frac{h}{8435}\right)} \quad (11)$$

En dónde,

t, es el temperatura promedio, °C
h, es la altura sobre el nivel del mar, m

La potencia aerodinámica extraída por el rotor del viento, en condiciones ideales y con una aeroturbina también ideal, se determina por la ecuación (12) [7].

$$W_R = \frac{8}{27} \rho A V^3 \quad (12)$$

En dónde,

W_R , es la potencia máxima del viento, W
 ρ , es la densidad del aire, kg/m^3
A, es la superficie barrida por las aspas de la hélice, m^2
V, es la velocidad del viento, m/s

La potencia eólica disponible por área expuesta al viento, se determina por la ecuación (13) [7].

$$W_V = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (13)$$

En dónde,

W_V , es la potencia eólica disponible, W
 ρ , es la densidad del aire, kg/m^3

A, es la superficie barrida por las aspas de la hélice, m^2
V, es la velocidad del viento, m/s

El rendimiento energético de captación, depende del rendimiento aerodinámico con el cual funciona el rotor de la aeroturbina, y expresa la cantidad de potencia que realmente es capturada por el rotor. Este valor se determina por la ecuación (14) [7].

$$C_p = \frac{W_R}{W_V} \quad (14)$$

En dónde,

W_R , es la potencia máxima del viento, W
 W_V , es la potencia eólica disponible, W

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos para las expresiones (12), (13) y (14), para cada mes del año. Los resultados muestran que el aerogenerador seleccionado puede aportar, en promedio, 28.03W/m² de potencia.

Tabla 6.
Resultado del dimensionamiento eólico

Mes	Velocidad promedio (m/s)	Potencia eólica disponible (W/m ²)	Potencia máxima del viento (W/m ²)	Cp (%)
Enero	2,36	6,40	3,79	59,26%
Febrero	2,00	3,89	2,31	59,26%
Marzo	2,76	10,24	6,07	59,26%
Abril	2,85	11,30	6,70	59,26%
Mayo	3,17	15,52	9,20	59,26%
Junio	4,31	38,95	23,08	59,26%
Julio	5,87	98,58	58,42	59,26%
Agosto	5,22	69,60	41,24	59,26%
Septiembre	4,97	59,80	35,44	59,26%
Octubre	2,81	10,80	6,40	59,26%
Noviembre	2,15	4,85	2,88	59,26%
Diciembre	2,36	6,40	3,79	59,26%
Promedio global	3,40	28,03	16,61	59,26%

El área barrida por las aspas del aerogenerador se calculó en 1,08 m², utilizando la ecuación (15).

$$A = \pi r^2 \quad (15)$$

En dónde,

r, es el radio del aerogenerador, m

La potencia total promedio aportada se determinó en 30,3W, utilizando la ecuación (16).

$$P_{Tp} = A x W_{vp} \quad (19)$$

En dónde,

P_{Tp} , es la potencia total, W
A, es el área del aerogenerador, m^2
 W_{vp} , es la potencia promedio eólica disponible, W/m^2

Los resultados muestran que el sistema eólico podría aportar el 50.5% de la potencia total requerida para alimentar la iluminación de las torres del CE.

La energía proporcionada por el bloque eólico, se almacenará en un **banco de baterías**, cuyo diseño corresponde a lo detallado en el apartado correspondiente en el sistema fotovoltaico. Para este proyecto, se utilizará una única batería Ritar RT12-120m de 12 Ah y 24 V, con una profundidad de descarga es del 80%.

En este proyecto se utilizará el inversor Victron Energy Phoenix 24/180, con una carga pico mayor a los 60 W, y un voltaje de 24V.

La Fig. 11 muestra el flujograma de la lógica de operación propuesta para el **módulo de conmutación**, que operará en régimen automático. En una primera etapa, se monitorea el nivel de voltaje en los bornes de las baterías del módulo de storage. Un descenso en el nivel más allá de lo permitido, emite una señal que activa la segunda etapa. En la segunda etapa, un temporizador crea un delay en la activación de un relé, que redirecciona la alimentación del módulo de iluminación, hacia la red pública eléctrica [8].

La Fig. 12, muestra el esquema del circuito detector de nivel de carga en las baterías. A un determinado nivel de voltaje en los bornes de las baterías (umbral), el módulo de storage pasa del régimen *descarga* al de *standby*, o, viceversa, en función de la dirección del paso.

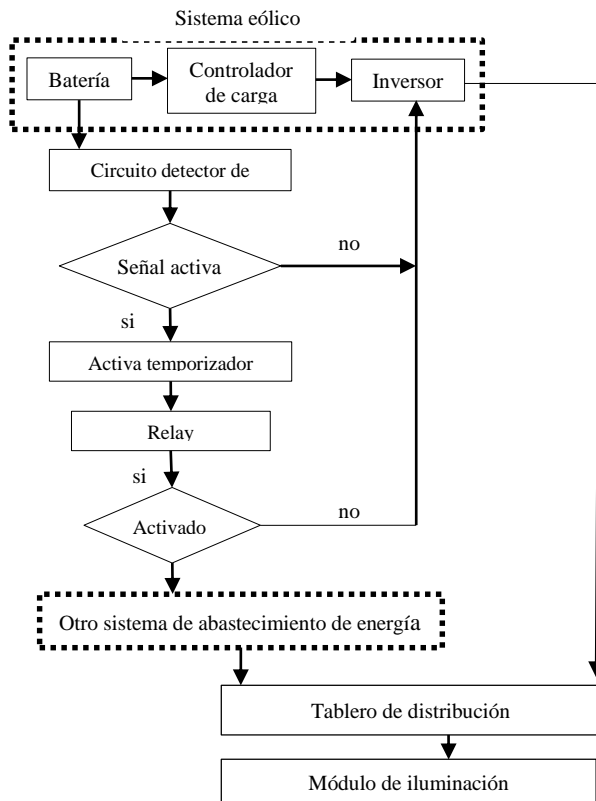


Fig. 11. Flujograma de la lógica de operación propuesta para el módulo de conmutación del sistema híbrido [8].

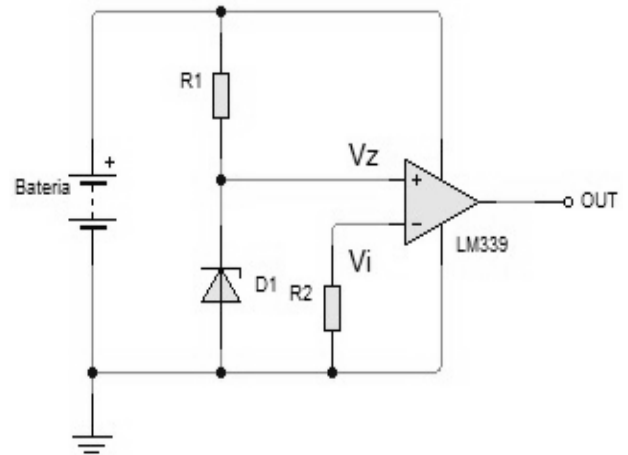


Fig. 12. Esquema del circuito detector de nivel en las baterías [8].

En el esquema, el integrado LM339 compara la tensión en la entrada directa V_i , con la tensión de referencia del diodo Zener V_z , y, su salida se activa de acuerdo a la lógica descrita en la expresión (20) [8]:

$$\begin{cases} V_z < V_i \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) & \rightarrow \text{señal activa} \\ V_z > V_i \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) & \rightarrow \text{señal desactiva} \end{cases} \quad (20)$$

A partir de una resistencia de 10KΩ en el resistor R1, la expresión (20) determinó que para el resistor R2 se requeriría de una resistencia mayor a 34Ω. Considerando la disponibilidad, se decidió emplear un potenciómetro de 5KΩ, aún a riesgo de sacrificar el ajuste de la resistencia [8].

La Tabla 7 resume el **presupuesto tentativo** para la implementación del sistema eólico para la iluminación monumental de las torres del CE.

Tabla 7.

Presupuesto tentativo de inversión en el sistema eólico de iluminación del CE. Diseño de autores.

Rubro	Cantidad	CU, USD	Total
Aerogenerador	1	1554,56	1554,56
Estructura de soporte	1	450,00	450,00
Inversor	1	429,00	233,46
Batería	1	280,00	280,00
Foco ahorrador 20W	3	02,00	6,00
Instalación	1	400,00	400,00
Caja de conexiones	1	50,00	50,00
Imprevistos	1	773,42	773,42
		Total	3747,44

VI. CONCLUSIONES

- Con una extensión de 10 Ha, el PRJ se constituye en uno de los principales centros de recreación de la ciudad de Loja.
- La observación in situ del territorio del PRJ, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.
- Los resultados obtenidos en este trabajo muestran la factibilidad técnica y económica de potenciar el sistema de iluminación monumental del Castillo Eurolatino, edificación representativa del parque, utilizando una arquitectura híbrida que conjugue energía solar, energía eólica, y, energía de la red eléctrica pública.

VII. REFERENCIAS

- [1] Corporación LedMX. “Reflector de 100W”. Solución en iluminación. [Online]: Disponible en: <<http://store.ledmx.com/mx/home/27-reflector-100w.html>> [Consulta Julio 2013].
- [2] CONECEL. “Atlas Solar del Ecuador”. Corporación para la investigación energética. [Online]: Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf> [Consulta Julio 2013].
- [3] GMA Solar “GMA 60-M Series 180-200W”. [Online]: Disponible en: <<http://www.gmasolar.ca/site/wpcontent/uploads/2014/05/GMA-230M-260M-MC4-A-2-lines.pdf>> [Consulta Julio 2013].
- [4] AutoSolar. “Batería AGM 24V 120Ah VISION”. [Online]: Disponible en: <https://autosolar.es/baterias/bateria-24v/Bater%C3%ADa-AGM-24V-120Ah-VISION_precio> [Consulta Julio 2013].
- [5] Windtechniek.nl “Datasheet Air 40”. [Online]: Disponible en: < <http://windtechniek.nl/Folders%20voor%20Web/AIR-40-Spec-REVB.PDF> > [Consulta Julio 2013].
- [6] Universidad de Cuenca “Análisis Energético de Centrales Eólicas”. [Online]: Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/699/1/te330.pdf> [Consulta Enero 2015].
- [7] AEE. “La Energía Producida por un Aerogenerador”. [Online]: Disponible en: <http://www.tech4cdm.com/userfiles/Sesion2_eol_per_Tecnologia.pdf> [Consulta Enero 2015].
- [8] UTPL “Implementación de un sistema híbrido de provisión de energía para iluminación de una isla experimental en el campus UTPL”. [Online]: Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7889/3/Utpl_Cueva_Enriquez_Rodrigo_1133797.pdf> [Consulta Enero 2015].



PARQUE RECREACIONAL JIPIRO				
	Elaboró:	Tutor:	Contiene:	
			Esquema del PRJ	
			Fecha: 13/04/15	Archivo: Esquema PRJ
	JUAN MALDONADO	ING. JORGE LUIS JARAMILLO	Dibujo: Juan Maldonado	Lámina: 1