



**UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**MODALIDAD PRESENCIAL**

**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 el nuevo polideportivo del campus San Cayetano de la UTPL**

Trabajo de fin de carrera previa la  
obtención del Título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones

**AUTOR:** Armijos Samaniego Geovanny Fabián

**DIRECTOR:** Jaramillo Pacheco Jorge Luis, Ing.

Centro Universitario Loja

2012



## CERTIFICACIÓN

Ingeniero  
Jorge Luis Jaramillo Pacheco

### DIRECTOR DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

### CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Fin de Carrera, previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, por lo mismo, cumple con los requisitos legales exigidos por la Universidad Técnica Particular de Loja, quedando autorizada su presentación.

Loja, Abril de 2012

-----  
Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco

Visto Bueno Dirección Escuela

F).....  
Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES



## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO**

Yo, Geovanny Fabián Armijos Samaniego, declaro ser autor 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 artículo 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”

---

Geovanny Fabián Armijos Samaniego

1104083959



## AUTORÍA

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

Geovanny Fabián Armijos Samaniego



## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, quienes supieron apoyarme durante toda mi etapa de estudiante y con quienes estoy seguro contaré siempre.

A Astrid Barraqueta por sus consejos y ayuda durante todo este tiempo.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y entereza durante toda la carrera

A mis padres y hermanos por su incansable apoyo y comprensión durante esta etapa.

A Astrid Barraqueta, por sus palabras de aliento y consejos que me ayudaron a alcanzar este objetivo.

Al Ing. Jorge Luis Jaramillo, director de Tesis, quien me ayudó a enfocar y desarrollar de mejor forma los objetivos perseguidos en este estudio.

A todos nuestros profesores y amigos quienes aportaron y compartieron con nosotros su conocimiento y experiencia durante nuestra preparación en la Universidad y el desarrollo de la tesis.

Geovanny Armijos



## TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO .....	iii
AUTORÍA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
TABLA DE CONTENIDO .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	13
OBJETIVOS.....	15
CAPITULO I.....	16
ENERGÍA RENOVABLE Y GESTIÓN SUSTENTABLE DEL CAMPUS UNIVERSITARIO .....	16
1.1 INTRODUCCIÓN.....	16
1.2 BREVE REFERENCIA SOBRE ENERGÍA RENOVABLE .....	16
1.3 LA VISIÓN GLOBAL SOBRE EL COMPROMISO UNIVERSITARIO EN LA GESTIÓN EFICIENTE DE ENERGÍA .....	17
1.4 LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS.....	19
1.5 LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES ECUATORIANAS .....	21
CAPÍTULO II.....	24
2.1 INTRODUCCION.....	24
2.2 METODOLOGÍA APLICADA.....	24
2.3 PROCESOS QUE REQUIEREN DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO.....	26
2.4 APROXIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....	26



2.4.1 ILUMINACIÓN INTERIOR DEL POLIDEPORTIVO .....	27
2.4.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS.....	29
2.4.3 CIRCUITOS DE FUERZA.....	31
2.4.4 PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	32
2.5 OPTIMIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....	33
2.5.1 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN INTERIOR DEL POLIDEPORTIVO.....	33
2.5.2 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS .....	34
2.5.3 OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS CIRCUITOS DE FUERZA.....	35
2.5.4 OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA .....	35
2.6 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONAL DE POTENCIAL USO EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO.....	36
2.6.1 ILUMINACIÓN INTERIOR Y CIRCUITOS DE FUERZA DEL POLIDEPORTIVO.	36
2.6.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS.....	40
2.6.3 PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	41
2.6.4 STORAGE DE ENERGÍA.....	42
CAPÍTULO III.....	44
3.1 INTRODUCCION.....	44
3.2 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN GIMNASIO BASADO EN EL CONCEPTO DE HARVESTING DE ENERGÍA. ....	45
3.2.1 HARVESTING DE ENERGÍA HUMANA EN LOS GIMNASIOS .....	45
3.2.2 ZONAS REQUERIDAS EN EL GIMNASIO Y EQUIPOS A INSTALAR .....	46
3.2.3 EQUIPAMIENTO DISPONIBLE EN EL MERCADO PARA HARVESTING DE ENERGÍA EN GIMNASIOS Y APROXIMACIÓN DE LA INVERSIÓN A REALIZAR. ....	48
3.3 ANÁLISIS DE LOS POSIBLES IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL GIMANSIO .....	51
3.3.1 APORTE EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	51
3.3.2 CAMBIOS CUALITATIVOS EN EL PARADIGMA CULTURAL.....	53
CAPÍTULO IV .....	55





DISEÑO DE UNA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LA OPERACIÓN Y DESEMPEÑO DE LÁMINAS SOLARES.....	55
4.1 INTRODUCCION.....	55
4.2 DISEÑO DEL SISTEMA .....	56
CONCLUSIONES .....	69
TRABAJOS FUTUROS .....	72
Construcción del sistema experimental de láminas solares y análisis del comportamiento del mismo. ....	72
REFERENCIAS.....	73



## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 2.1.** Metodología de trabajo propuesta para la evaluación y selección de fuentes de energía renovable de potencial aplicación en el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborada por los autores.
- Fig. 2.2.** Vista general de la infraestructura proyectada para el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborado por UDIA, septiembre de 2008.
- Fig. 2.3.** Esquema de iluminación para la cancha de fútbol proyectada.
- Fig. 2.4.** Máquinas de gimnasio que generan energía eléctrica.
- Fig. 2.5.** Paneles solares en la azotea de un edificio.
- Fig. 2.6.** Uso de películas solares sobre los ventanales de un edificio.
- Fig. 2.7.** Baldosas piezoeléctricas en el Misake park stadium. Kobe. Japón
- Fig. 2.8.** Aerogeneradores en estadio de Brown, Cleveland. Ohio
- Fig. 2.9.** Uso de concentradores solares para piscina y duchas
- Fig. 3.1.** Esquema de la distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la Universidad
- Fig. 3.2.** Bicicleta estática marca Mottion
- Fig. 3.3.** Máquina elíptica
- Fig. 3.4.** Caminadora Fitage GE-201
- Fig. 3.5.** Bicicleta reclinada Fitage GE-703
- Fig. 3.6.** Pantalla de monitoreo del sistema ReRev
- Fig. 4.1.** Diagrama funcional del módulo experimental a implementar.
- Fig. 4.2.** Sistema experimental de láminas solares.
- Fig. 4.3.** Vista superior Base de la estación
- Fig. 4.4.** Vista lateral, base de la estación.
- Fig. 4.5.** Vista Frontal, base de la estación.
- Fig. 4.6.** Soporte principal. Vista Superior.
- Fig. 4.7.** Soporte principal vista lateral.
- Fig. 4.8.** Soporte Principal. Vista Frontal
- Fig. 4.9.** Bisagra. Vista lateral.
- Fig. 4.10.** Bisagra. Vista Superior.
- Fig. 4.11.** Tablero de soporte láminas solares. Vista frontal.
- Fig. 4.12.** Soporte cuadro principal. Vista lateral.
- Fig. 4.13.** Soporte cuadro principal. Vista superior.
- Fig. 4.14.** Soporte de cuadro principal. Vista lateral.
- Fig. 4.15.** Soporte cuadro principal. Vista superior.
- Fig. 4.16.** Multímetro Dig Panel DMK-20.
- Fig. 4.17.** Inversor solar HB-A series.
- Fig. 4.18.** Controlador Solar C-0193.
- Fig. 4.19.** Batería Millenium
- Fig. 4.20.** Conector Solarlock T-Branch macho a macho.
- Fig. 4.21.** Conector Solarlock T-Branch hembra a macho.
- Fig. 4.22.** Conector Solarlock Hembra.
- Fig. 4.23.** Conector Solarlock Macho.
- Fig. 4.24.** Integración de los instrumentos del sistema experimental de láminas solares



## LISTA DE TABLAS

**Tabla 2.1.** Aproximación de la demanda de energía en iluminación interior del nuevo polideportivo de la UTPL.

**Tabla 2.2.** Aproximación de la demanda de energía en iluminación exterior de espacios deportivos del nuevo polideportivo de la UTPL.

**Tabla 2.3.** Aproximación de la demanda de energía en los sistemas de fuerza del nuevo polideportivo de la UTPL.

**Tabla 2.4.** Aproximación de la demanda de energía para provisión de agua caliente sanitaria en el nuevo polideportivo de la UTPL.

**Tabla 2.5.** Comparación de consumo de energía en diferentes sistemas de iluminación interior para el polideportivo actual.

**Tabla 2.6.** Comparación de consumo de energía de diferentes sistemas de iluminación exterior para el nuevo polideportivo.

**Tabla 2.7.** Capacidad de generación de los paneles solares de TyconPower.

**Tabla 2.8.** Capacidad de generación de las láminas solares de Global Solar

**Tabla 3.1.** Distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la UTPL.

**Tabla 3.2.** Inversión en equipos de gimnasio y readecuación de los mismos, para el nuevo gimnasio de la UTPL.

**Tabla 3.3.** Generación de energía en los equipos del gimnasio adaptados, por año.

**Tabla 4.1.** Características técnicas de las láminas solares BIPV-300W.

**Tabla 4.2.** Instrumentación requerida para el módulo de experimentación.

**Tabla 4.3.** Características técnicas Inversor solar Unilynx 3000.

**Tabla 4.4.** Características técnicas controlador solar C-0193.

**Tabla 4.5.** Características técnicas Batería.



## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto se describe brevemente la situación actual en la incorporación de energía proveniente de fuentes renovables (no convencionales) en la vida diaria de las universidades Latinoamericanas y ecuatorianas, especialmente en sus campus. Se explica además la pertinencia de incorporar iniciativas de I+D+D en harvesting de energía renovable que pueden ser utilizadas en el nuevo polideportivo de la UTPL. Se identifica todos aquellos procesos que requieren de energía en esta construcción, y, para cada uno se analizan las diferentes opciones enfocadas en la optimización del consumo de energía; finalmente, se cuantifica la demanda total de energía en esta edificación. Sobre esta base, se explora y valora potenciales fuentes renovables de energía en una arquitectura híbrida. Se profundiza en el diseño de un gimnasio enfocado al aprovechamiento de energía humana; y, en el diseño de una estación experimental de láminas solares.



## INTRODUCCIÓN

La escala en la demanda de energía llevó al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, y, derivó en un aumento de la concentración de contaminantes. Frente a esto, el uso de energías renovables se constituye en una inmejorable alternativa energética, cuya gestión eficaz proporcionará a la población, en el mediano y largo plazo, grandes ventajas comparativas, tanto a nivel económico, social, y, ambiental. [1]

En 1989, la Universidad de California en Los Ángeles, UCLA, marcó un precedente al introducir el concepto de “valoración del impacto ambiental” en la gestión y operación de su campus. Como resultado, se formuló una política institucional con visión ambiental.

Este fue el punto de partida para lo que, en los años noventa, se denominó “ambientalización de la universidad”. Muchas universidades, internacionalmente reconocidas, incluyeron prácticas medioambiente-amigables en su gestión, como la Universidad de Wisconsin y su *Programa de Ecología del Campus*, y, la Universidad de Brown y su *Proyecto Brown Verde*. Estas iniciativas propiciaron la firma de acuerdos universitarios con el compromiso de desarrollar políticas para definir y promover la sustentabilidad en la Educación Superior.

La búsqueda del desarrollo sustentable plantea un cambio estructural en la manera de pensar y actuar; implica la visión de un mundo diferente, con prácticas eficientes y adecuadas en el uso de los recursos.

El cambiar paradigmas es un reto inherente a la educación. Por eso, las universidades no pueden limitarse a perfeccionar las capacidades técnicas del recurso humano, sino que deben actuar como catalizadores del cambio de pensamiento, a través de la investigación y la demostración. Se exige que la comunidad universitaria valore la huella ecológica del campus, proponga un modelo de eficiencia energética, y, planifique y administre el uso adecuado de las distintas formas de energía, en forma sistemática [2].



A partir de enero de 2012, en la Universidad Técnica Particular de Loja, Campus San Cayetano, se conformó un grupo de trabajo transdisciplinario, cuyo objetivo fundamental es el de referir las mejores prácticas en el aprovechamiento de energía renovable (no convencional) a ser consideradas en la planificación y construcción de la infraestructura de la ampliación del Campus. Se prevé a futuro la incorporación de algunas de estas prácticas a la operación de la infraestructura actual del Campus.

Este trabajo recoge la línea base obtenida al documentar las distintas experiencias universitarias en la incorporación del uso de energía renovable (no convencional) en la gestión y operación de los campus universitarios, y, al explorar las posibilidades de harvesting de energía para potenciar diversos procesos del polideportivo universitario.



## OBJETIVOS

Ingeniería preliminar de opciones de aprovechamiento de energía de fuentes renovables (no convencionales) para implementación en el área del Polideportivo del Campus San Cayetano de la UTPL



## CAPITULO I

# ENERGÍA RENOVABLE Y GESTIÓN SUSTENTABLE DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se recoge la línea base obtenida al documentar las distintas experiencias universitarias en la incorporación del uso de energía renovable (no convencional) en la gestión y operación de los campus universitarios.

### 1.2 BREVE REFERENCIA SOBRE ENERGÍA RENOVABLE

Pese a que los conceptos de energía y gestión sustentable son lugares comunes, es poco probable que todos los involucrados los comprendan por igual. Esto se debe al dinamismo con que en la última década se abordó el problema de la energía y su gestión.

En una acepción moderna, el término **energía** se refiere a una magnitud escalar que describe el trabajo que puede producir una fuerza. En este sentido, la energía es un atributo de los objetos y sistemas físicos, y, se subordina a la Ley de la Conservación de la Energía [3].

Se define a la **energía renovable** a aquella energía que proviene de fuentes renovables, o, aquella que “simplemente no se termina”. La energía renovable puede provenir del agua en movimiento (hidráulica, mareomotriz, movimiento de las olas), de los gradientes térmicos del agua del océano, de la biomasa, de las fuentes geotermales, del Sol, del viento, etc. [4].





En contraposición, la **energía no renovable** proviene de fuentes de difícil renovación o que pueden terminarse. Esta energía puede provenir del carbón, del petróleo, del gas natural, o, de las centrales nucleares [5].

El **desarrolle sostenible** se define como aquel que satisface las necesidades presentes sin hacer peligrar la posibilidad de que las generaciones futuras puedan satisfacer las suyas [6].

La **eficiencia energética** se define como la capacidad de realizar el mismo trabajo, utilizando menos energía, y, sin disminuir la calidad del servicio prestado [7].

### 1.3 LA VISIÓN GLOBAL SOBRE EL COMPROMISO UNIVERSITARIO EN LA GESTIÓN EFICIENTE DE ENERGÍA

En distintos foros internacionales se ha resaltado la importancia de una educación para la sostenibilidad, desde y hacia el ámbito universitario. Dentro de este marco se han suscrito varias declaraciones y acuerdos entre los principales directivos de las universidades más reconocidas en el mundo.

La **Declaración de Talloires**, firmada en Francia en 1990 por 21 delegados de universidades de todo el mundo, fue la primera declaración sobre la necesidad de construir un futuro ambientalmente sostenible desde el ámbito de la educación superior. En su parte medular, la declaración compromete a los firmantes (y a los que se han adherido posteriormente) a incentivar a la universidad para que se comprometa con la educación, la investigación, la formación de políticas, y, con los intercambios de información en temas relacionados con población, medio ambiente, y, desarrollo. Así alcanzar un futuro sostenible. La declaración prevé el impulso de acciones concretas desde el interior de la universidad, y, la búsqueda de sinergia con la empresa, el estado, y, las organizaciones supranacionales [8].

La **Declaración de Halifax**, firmada en Canadá en diciembre de 1991 por 33 rectores de universidades provenientes de 10 países, define el rol de las universidades en la



conservación del medio ambiente y la construcción de un desarrollo sostenible. La declaración propone un plan de acción para el diseño de estrategias prácticas, y, enfatiza la importancia de la educación, de la capacitación, de la investigación, y, de la disponibilidad de información; pero sobre todo valora el trabajo interdisciplinario, y, resalta la actitud proactiva que han de tener las universidades en el contexto del desarrollo sostenible [9].

La **Declaración de Río**, firmada en Brasil en junio de 1992, reafirma los compromisos adquiridos en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. En la Declaración de Río se establece una alianza equitativa (mediante la creación de niveles de participación) entre los estados, los sectores sociales, y, los industriales, procurando alcanzar acuerdos internacionales en búsqueda de resguardar la integridad del medio ambiente y lograr el desarrollo mundial [10].

La **Declaración de Swansea**, firmada en Gales en agosto de 1993 por 400 delegados de instituciones de educación superior delegados miembros de la Association of Commonwealth Universities, en el marco de la **Conferencia Gente y Medio Ambiente- Preservando el Balance**, propone establecer y diseminar un claro enfoque del desarrollo sustentable, fortalecer la capacidad de las universidades para enseñar e investigar los principios del desarrollo sostenible, incrementar la información ambiental, y, fortalecerla ética ambiental [11].

En la **Declaración de Kioto**, firmada en Japón en noviembre de 1993 por 90 líderes la Asociación Internacional de Universidades, en el marco de la **Conferencia Desarrollo Sostenible**, hace un llamado a las universidades para establecer y diseminar un claro entendimiento del desarrollo sostenible, utilizando todos los recursos a su alcance, y, reconociendo la significativa interdependencia de las dimensiones internacionales del desarrollo sostenible [12].

La **Declaración de Barbados**, resultado de una actividad promovida por la ONU y realizada en Bridgetown en 1994, establece la necesidad de fortalecer la educación, la capacitación, y, el desarrollo de habilidades para hacer frente a los retos que plantea el desarrollo sostenible en las pequeñas islas [13].



La **Declaración de Thessaloniki**, firmada en Grecia en 1997, en el marco de la **Conferencia Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Conciencia Pública para la Sostenibilidad**, señala a la educación y a la capacitación como pilares de la sostenibilidad, y, hace un llamado a los gobiernos, a la administración pública, a la comunidad científica, a las universidades, y, a las industrias, para que prioricen la educación y trabajen en el fortalecimiento de los sistemas educativos para enseñar sobre desarrollo sostenible [14].

La **Declaración de Lüneburg**, firmada en Alemania en octubre de 2001, propone la unión de esfuerzos de las instituciones de educación superior, de las organizaciones no gubernamentales, de los stakeholders, de los gobiernos, y, de las Naciones Unidas y de la UNESCO, para afrontar los retos que el desarrollo sostenible plantea a la educación en general y a la educación superior en particular [15].

La **Declaración UBUNTU**, presentada en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Sudáfrica en el 2002, propone unir esfuerzos para trabajar en el desarrollo sostenible y movilizar al sector educativo para contribuir a ello [16].

#### 1.4 LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS

La experiencia latinoamericana en la gestión sustentable del campus universitaria es reciente y diversa.

La **Universidad Nacional de la Plata**, en Argentina, desde el 2008 cuenta con un plan estratégico de Desarrollo Sustentable, que diagnostica y prevé estrategias metodológicas para el desarrollo urbano-ambiental [17].

La **Universidad Nacional de Colombia**, tiene un Plan de Desarrollo que incluye la creación de una Reserva de Biosfera (iniciativa adoptada por el Municipio de Bogotá en 1994). La universidad propone la educación ambiental, y, el reordenamiento de tendencias del desarrollo [18].



En México, el plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior, analiza escenarios posibles y plantea la el desarrollo sostenible como el resultado de una adecuada educación, de una investigación acorde, y, de una honesta operación [19]. La iniciativa **la ciudad universitaria y la energía**(2005), de la **Universidad Nacional Autónoma de México**, apunta a diseñar y desarrollar de manera integral infraestructura, tecnología, y, cultura para transformar el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de la energía y en un aula de enseñanza del tema. Se pretende convertir el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de las diferentes formas de energía necesarias. Para lograr estos objetivos, la iniciativa se sustenta en seis líneas de investigación: energía solar, energía de biomasa, energía del hidrógeno, diagnóstico y ahorro de energía, utilización y ahorro de energía, y, cultura energética [20].

La **Universidad Nacional de Chile** ha desarrollado un marco conceptual y crítico sobre el desarrollo sustentable en la región, impulsando una serie de investigaciones sobre la evolución energética y el impacto ambiental [21].

La **Universidad de Buenos Aires** posee un programa interdisciplinario en energías sustentables, que analiza e investiga el cambio climático y sus consecuencias en el medio ambiente, determinando los potenciales recursos naturales que pueden ser empleados para frenar el impacto al medio ambiente [22].

En Guatemala, adjunto al **Zamorano** funciona el Centro Zamorano de Energía Renovable (CZER). El CZER realiza investigación y capacitación en el área de generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, hídrica, eólica, biomasa. Otro punto de interés del CZER es la producción de biocombustibles y biogás, a partir de residuos orgánicos. En el futuro, el CZER pretende expandir su capacidad de investigación y aplicación a otras tecnologías, como la energía geotérmica, la mareomotriz, y, experimentar con nuevos métodos de almacenamiento de energía [23].

El programa **Join European – Latin American Universities Renewable Energy Project** (JELARE), impulsa un esquema de cooperación entre universidades de Alemania, Letonia, Bolivia, Brasil, Chile, y, Guatemala, con el objetivo de promover enfoques innovadores en el mercado de trabajo orientado a la educación y a la



investigación en el campo de las energías renovables en América Latina, y, en los institutos de enseñanza superior europeos [24].

### **1.5 LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES ECUATORIANAS**

En el Ecuador, el marco jurídico existente respalda y obliga a las universidades en la ejecución de programas formativos, de investigación, y, de demostración, que permitan cambiar el paradigma social en relación a la energía.

Así, la Constitución vigente, en su artículo 3, inciso 5, señala como deberes del Estado “*planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir*”. Ese mismo documento, en la sección quinta referente a la educación, en el artículo 27 proclama que “*la Educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar*”. En el capítulo noveno, artículo 8, inciso 6, referente a las responsabilidades de los ecuatorianos, se establece la obligatoriedad de “*respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible*” [25].

La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), en el artículo 8, incisos a y f, propone como fines de la Educación Superior al despliegue de la producción científica, y, a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas. También se señala que la Educación Superior debe “*fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional*” [26].



El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, ente rector del área de interés de este trabajo, como uno de sus objetivos plantea “*el desarrollar proyectos de marco legal y reglamentario para la aplicación de energías renovables y biocombustibles*” [27].

En este marco, algunas universidades han propuesto iniciativas relacionadas a las energías renovables (no convencionales), sin llegar a incluirlas en la gestión del campus universitario.

La **Escuela Politécnica del Litoral**, a través del Centro de Desarrollo Sustentable, se ha propuesto impulsar el desarrollo de tecnologías sostenibles, combinando perspectivas técnicas, ambientales, y, socioeconómicas que incluyan una transferencia efectiva y aplicada a la comunidad [28].

La **Pontificia Universidad Católica del Ecuador**, a través de la Escuela de Geografía, lleva adelante programas de investigación en estudios ambientales, desarrollo sustentable, y, ordenamiento territorial [29].

La **Escuela Superior Politécnica Nacional** impulsa proyectos enfocados en el desarrollo sostenible, con el objeto de desarrollar conciencia científica y medioambiental [30].

La **Universidad Nacional de Loja (UNL)**, en convenio con el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), impulsa el “*Programa de Desarrollo de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética en la región sur del Ecuador*”, cuyos resultados finales se esperan para el 2013 [31].

En la **Universidad Técnica Particular de Loja**, desde 2009 se introdujo el concepto de eficiencia energética, mejorando el desempeño de los circuitos de fuerza y logrando una considerable reducción del consumo de energía eléctrica. En el año 2010 se diseñó e implementó un sistema híbrido termosolar – GLP, para proveer de agua caliente sanitaria a la Cafetería de la universidad. En el año 2011, se iniciaron los procesos de preparación para acceder a una certificación ISO FDIS 50001 de eficiencia energética.



El **gobierno actual** ha propuesto la creación de la “Ciudad del Conocimiento – Yachay”, que entre otros objetivos, buscará la I+D+D en temas afines a las energías renovables (no convencionales), buscando el compromiso con la sustentabilidad, la sostenibilidad de los recursos, y, las generaciones futuras [32].



## CAPÍTULO II

### INVENTARIO PRELIMINAR DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE POTENCIALMENTE UTILIZABLES PARA ABASTECER LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO DE LA UTPL

#### 2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describe la evaluación de la incorporación de fuentes renovables al abastecimiento de energía en la gestión y operación del nuevo polideportivo de la universidad, partiendo de prediseños existentes, razón por la cual los resultados obtenidos tienen el carácter de preliminares.

#### 2.2 METODOLOGÍA APLICADA

La metodología aplicada para esta evaluación, se describe en la Fig.2.1. En esta primera fase, se consideraron los cuatro primeros pasos metodológicos.

Primero, sobre la base de los diseños de la infraestructura futura, se plantea **identificar todos aquellos procesos que necesitan ser abastecidos de energía.**



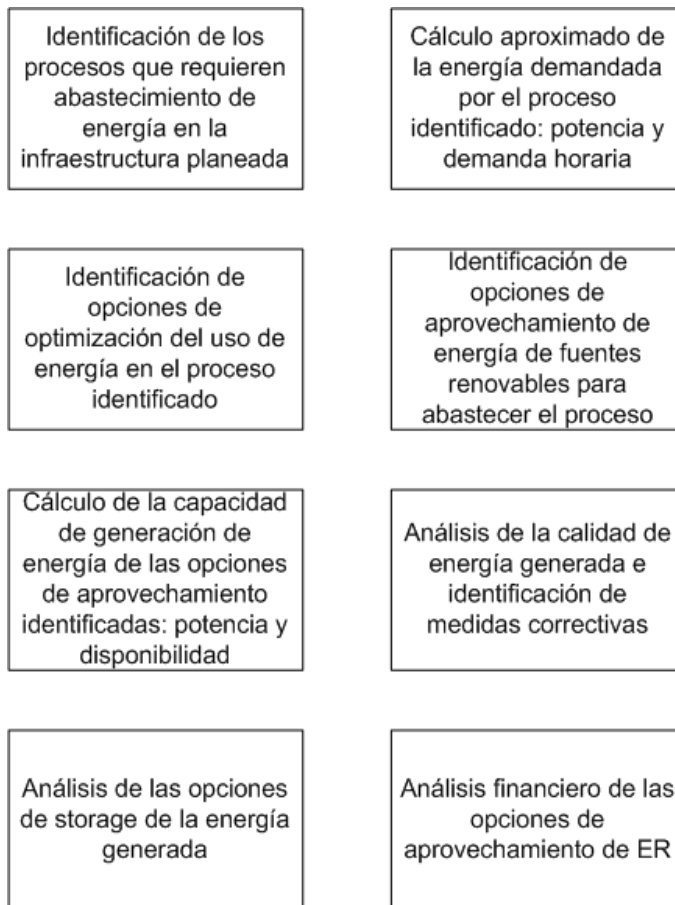


Fig. 2.1. Metodología de trabajo propuesta para la evaluación y selección de fuentes de energía renovable de potencial aplicación en el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborada por los autores.

Considerando como referencia aspectos técnicos y económicos de la infraestructura planeada o de la ya existente, se **calcula la demanda de energía** para cada uno de los procesos identificados.

El tercer paso, busca **optimizar la demanda de energía**, introduciendo referencias sobre mejoras tecnológicas u operativas que disminuyen el consumo de energía.

Conociendo los valores optimizados de demanda y las curvas de demanda horaria, para cada uno de los procesos, se realiza un inventario de **fuentes de energía renovables** potencialmente utilizables, de entre las cuales se selecciona un grupo en base al criterio del equipo de trabajo.



### 2.3 PROCESOS QUE REQUIEREN DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO.

La identificación de procesos a ser abastecidos con energía en el nuevo polideportivo (ver Fig.2), se basó en los diseños preliminares. Se consideraron interiores y exteriores de la infraestructura, y, se clasificó a los procesos en cuatro grupos: iluminación interior del polideportivo, iluminación externa de espacios deportivos, circuitos de fuerza, y, provisión de agua caliente sanitaria.

La **iluminación interior del polideportivo**, considera la necesidad de energía para iluminar dentro el área deportiva cubierta, las sala de gimnasio, los pasillos, los baños, los vestidores, y, las áreas de descanso.

La **iluminación exterior de espacios deportivos**, incluye la iluminación del estadio de fútbol, y, de las canchas multipropósito.

Los **circuitos de fuerza**, consideran el aprovisionamiento de energía en las tomas interiores del polideportivo, orientadas exclusivamente a equipos electrónicos de baja potencia. Las tomas de fuerza de equipos de mantenimiento se manejan por separado y no son parte de este proyecto.

La **provisión de agua caliente sanitaria**, incluye la piscina y las duchas en zona de camerinos. En este grupo también se integra el uso potencial de las aguas lluvias, y, la reutilización de aguas grises como una forma de storage de energía.

### 2.4 APROXIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

La proyección de la demanda de energía requerida para cada uno de los procesos, incluye la referencia de aspectos técnicos y económicos de la infraestructura planeada, o, de la ya existente.



Con elemento básico de la infraestructura de implementar, se considera que en su diseño se incluye el uso eficiente de luz natural, lo que reduce el consumo energético y contribuye a un mejor aprovechamiento de las soluciones a proponer.

### 2.4.1 ILUMINACIÓN INTERIOR DEL POLIDEPORTIVO

La proyección de la demanda de energía en iluminación en el nuevo polideportivo, parte del cálculo del consumo de energía en iluminación del polideportivo actual.

De acuerdo a la información obtenida por parte del GESE, en el **área deportiva cubierta actual**, se utiliza 18 lámparas de 250 W (22300 lúmenes de flujo luminoso) [33] para iluminar un área de 300 m<sup>2</sup>. La potencia total instalada en iluminación es de 4.500 W.



Fig. 2.2. Vista general de la infraestructura proyectada para el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborado por UDIA, septiembre de 2008.



En el diseño para el nuevo Polideportivo elaborado por UDIA, el **área deportiva cubierta a construir** consta de dos bloques. El primero, ubicado en la esquina inferior derecha de la Fig.2.2, posee un área de 600 m<sup>2</sup>. De acuerdo al cálculo realizado utilizando el método de lúmenes (Ver Anexo 2) para espacios interiores [34], esta área requiere el uso de 36 lámparas (22.300 lúmenes), de 250 W. La potencia total instalada es 9.000 W.

El segundo bloque, ubicado en la esquina superior izquierda de la Fig. 2.2, posee un área de 1853 m<sup>2</sup> que requiere del uso de 66 lámparas (22.300 lúmenes), de 250 W de potencia. La potencia total instalada es de 16.500 W.

El **gimnasio actual** posee un área de 160 m<sup>2</sup>, iluminados a través de 8 luminarias del tipo fluorescente de 40 W, de 2.450 lúmenes de flujo luminoso [35], con una potencia instalada de 320 W.

El **nuevo gimnasio** ocupará un área de entre 150 y 300 m<sup>2</sup>. La iluminación media para este espacio se estimó en 300 lux/m<sup>2</sup>. Los cálculos realizados determinan que para iluminar este espacio es necesario utilizar entre 36 y 72 luminarias de 40 W, con una potencia total instalada de 1440 a 2880 W.

En el actual polideportivo, no existen referencias válidas para proyectar el consumo de energía en iluminación de pasillos, baños, vestidores, y, áreas de descanso.

En base al diseño del nuevo Polideportivo, el área total a **iluminar en baños** se estimó en 75 m<sup>2</sup>, con el uso de 22 luminarias de 2.450 lúmenes, de 40 W; con una potencia total instalada de 880 W.

En base al diseño del nuevo Polideportivo, el área total a iluminar en vestidores se estimó en 40 m<sup>2</sup>, con el uso de 8 luminarias de 2.450 lúmenes, de 40 W; con una potencia total instalada de 320 W.

En la tabla 2.1, se resume las potencias totales proyectadas a instalar en el nuevo Polideportivo.



Tabla 2.1

Aproximación de la demanda de energía en iluminación interior del nuevo polideportivo de la UTPL.

Zona	Cantidad	Potencia Total, W
Primer bloque	1	9.000
Segundo bloque	1	16.500
Gimnasio	1	1.440
Cuartos de Baño	2	320
Vestidores	2	320
Duchas	1	560
<b>TOTAL</b>		<b>28.140</b>

#### 2.4.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS

La escasa **iluminación de los espacios deportivos no cubiertos actuales**, obligó a proyectar la demanda de energía en iluminación externa del nuevo campus a través de métodos de cálculo convencionales.

La **cancha de fútbol proyectada** mide 90 m x 45 m. La iluminación para este espacio se calculó utilizando el método de los lúmenes o también denominado factor de utilización (Ver Anexo 3) [36]. Por disposiciones generales de iluminación, las luminarias se ubicarán en los costados de la cancha (ver Fig. 2.3). El nivel de competencia será de tipo amateur, por lo que el nivel de iluminación será considerado medio. El cálculo de la iluminación determinó que para garantizar un nivel de iluminación medio de 500 luxes / m<sup>2</sup>, se requiere utilizar un arreglo de 12 lámparas de vapor de sodio de alta presión, de 250 W y de 28.000 lúmenes de flujo luminoso



dispuestas en grupos de 6 luminarias por lado, a una altura de 8 metros [37]. La potencia total requerida para iluminar la cancha de fútbol se calculó en 3.000 W.

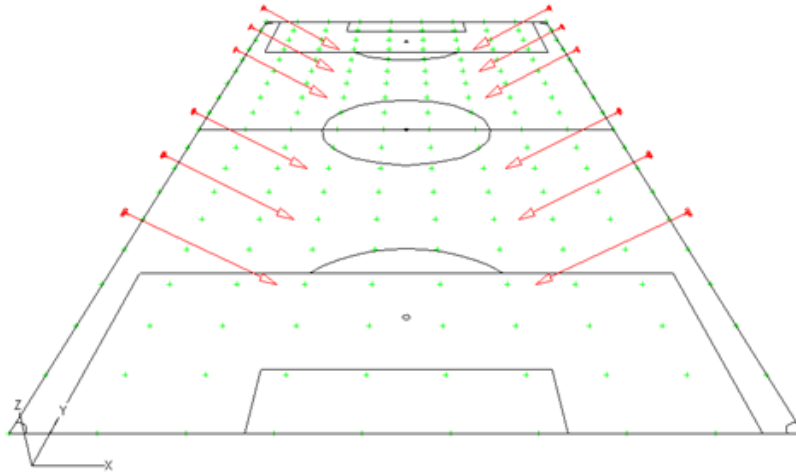


Fig. 2.3. Esquema de iluminación para la cancha de fútbol proyectada.

Mediante la simulación en el programa Calculux, se obtuvo que la iluminación promedio de la cancha sería de 501 luxes / m<sup>2</sup>, lo que cumple con la norma CIE 136.

En la tabla 2.2 se muestra un resumen del consumo de energía proyectado para la iluminación exterior de áreas deportivas, en el nuevo Polideportivo.

**Tabla 2.2**

Aproximación de la demanda de energía en iluminación exterior de espacios deportivos del nuevo polideportivo de la UTPL.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Cancha de Fútbol	3000	1	3.000



<b>TOTAL</b>	<b>3.000</b>
--------------	--------------

### 2.4.3 CIRCUITOS DE FUERZA

En el **polideportivo actual** existen circuitos de fuerza en el área de gimnasio, boletería, y, cabina de control de equipos. En un estudio realizado por el Grupo de Electricidad y Sistemas Electrónicos de la UTPL, en marzo de 2008, se determinó una demanda máxima en estos circuitos del orden de los 2.500 W.

En el **nuevo Polideportivo**, la demanda de energía provendrá principalmente de un tablero electrónico (1.000 W), dos proyectores (166 W), los equipos de audio y otros en la cabina de control (2.000 W). La tabla 2.3 resume el consumo esperado en los circuitos de fuerza

**Tabla 2.3**

Aproximación de la demanda de energía en los sistemas de fuerza del nuevo polideportivo de la UTPL.

<b>Tipo de luminaria</b>	<b>Potencia individual, W</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia total, W</b>
Marcador Electrónico	1000	1	1.000
Proyectores	88	2	176
Cuarto de Control	2000	1	2.000
<b>TOTAL</b>			<b>3.176</b>



#### 2.4.4 PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

El **actual polideportivo** no cuenta con provisión de agua caliente sanitaria. Por esta razón, la proyección de energía requerida para cubrir este rubro en el **nuevo polideportivo**, se basó en el consumo medio estimado de agua por persona recomendado en la bibliografía [38], equivalente a 24 litros diarios. Considerando un promedio de 500 usuarios diarios, el volumen de agua requerido en el polideportivo, es del orden de los 12.000 litros.

En la ciudad de Loja, la temperatura promedio del agua es de 16 °C [39], mientras que, para efectos de este proyecto, se fijó la temperatura de entrega del agua en 24 °C.

La energía requerida para elevar la temperatura del agua, se calculó utilizando la expresión (1.1):

$$Q = V * \rho * \Delta t * C_e \quad (1.1)$$

En dónde,

Q, es la transferencia de energía en forma calorífica, KJ

V, es el volumen de agua a calentar, l

$\rho$ , es la densidad del agua, Kg / l.

$\Delta t$ , es la diferencia de temperaturas, °C

Ce, es el calor específico del agua en estado líquido, 4.1813 KJ/ (Kg \* °C)

El resultado, expresado en KJ, se transformó a KW/h.

La energía requerida para calentar los 12.000 litros de agua requerida en las duchas del polideportivo, es del orden de los 112 KW/h. Para calentar el agua de la piscina, se requieren 5812 KW/h de energía. Es necesario acotar que para mantener la temperatura del agua de la piscina, también se debe temperar el agua de reposición;





este cálculo se detallará en trabajos posteriores. La tabla 2.4 resume la energía requerida para dotar de agua caliente sanitaria al polideportivo.

**Tabla 2.4**

Aproximación de la demanda de energía para provisión de agua caliente sanitaria en el nuevo polideportivo de la UTPL.

Rubro	Energía total, KW/h
Duchas	112
Piscina	5.812
<b>TOTAL</b>	<b>5.823</b>

## 2.5 OPTIMIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

En este apartado, se analizó las posibilidades de optimizar el uso de energía en el nuevo polideportivo, partiendo de la proyección de energía a utilizar.

### 2.5.1 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN INTERIOR DEL POLIDEPORTIVO

En la iluminación de espacios cerrados, el nivel de iluminación se establece en función de la actividad que se realiza [40]. El área deportiva bajo cubierta en el polideportivo, se utiliza principalmente como cancha de baloncesto, y, la norma UNE-EN 12464-1:2003, sugiere un nivel de iluminación de 500 luxes.

El *polideportivo actual* posee una iluminación no homogénea, cuyo valor promedio es de 841 luxes (dato de campo). Existe una excelente posibilidad de optimizar el número de lámparas y/o homogeneizar la intensidad luminosa.



Otra oportunidad de optimización del consumo de energía, es el uso de luminarias tipo LED. La tabla 2.5 presenta un análisis comparativo del consumo de energía del sistema de iluminación instalado en el polideportivo actual, y, el consumo en un sistema LED con luminarias de 120 W de potencia y 12.000 lm [41]. El uso del sistema LED, aumenta el número de luminarias, pero disminuye la potencia actual instalada en un 20%.

**Tabla 2.5**

Comparación de consumo de energía en diferentes sistemas de iluminación interior para el polideportivo actual.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Sistema actual	250	18	4.500
Sistema LED	120	30	3.600

El área deportiva bajo cubierta prevista en el nuevo polideportivo, ocupa un área 4 veces mayor a la actual. Por esta razón, se realizó una aproximación lineal de consumo de energía a 18.000 W para un sistema convencional, y, 14.400 W para un sistema LED.

### 2.5.2 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS

Como opción para optimizar el consumo de energía en la iluminación de la cancha de fútbol, se comparó el sistema habitual con otro basado en tecnología LED. La tabla 2.6, muestra los resultados. La potencia instalada se reduce en un 20%.



Tabla 2.6

Comparación de consumo de energía de diferentes sistemas de iluminación exterior para el nuevo polideportivo.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Sistema con luminarias de vapor de sodio	250	12	3.000
Sistema LED	200	12	2.400

### 2.5.3 OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS CIRCUITOS DE FUERZA

La optimización del consumo de energía en los circuitos de fuerza no fue considerada, ya que el consumo de energía depende de factores externos y no controlables.

### 2.5.4 OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Se tomaron en consideración elementos que disminuyen o controlan el consumo de agua. Para los cuartos de baño se podría utilizar duchas con sistemas de oxigenación que aumentan la velocidad del agua [42], que proporcionan un ahorro entre el 20 y el 70% de agua, en comparación a las duchas tradicionales



## 2.6 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONAL DE POTENCIAL USO EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO.

Aproximada y optimizada la demanda de energía, se elaboró una selección de fuentes de energía renovable no convencional de potencial uso en el nuevo polideportivo, para proveer de energía a cada uno de los procesos, total o parcialmente.

La selección de fuentes de energía renovable, se basó en tres condiciones: aplicabilidad, disponibilidad, y, requerimientos de instalación y explotación.

Al juzgar la **aplicabilidad** en el entorno, se evaluó que las fuentes puedan ser utilizadas dentro del campus de la universidad, y, que se adapten a las condiciones climáticas de la ciudad.

Sobre **disponibilidad energética**, en función de las condiciones climatológicas de la ciudad, se analizó el tiempo de operación y de no operación de las fuentes.

Respecto a los **requerimientos de instalación y explotación**, se consideró las obras requeridas para implementar las fuentes, la flexibilidad de ampliación, y, los requerimientos de explotación.

### 2.6.1 ILUMINACIÓN INTERIOR Y CIRCUITOS DE FUERZA DEL POLIDEPORTIVO

Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación interior y a los circuitos de fuerza del polideportivo, se identificó la energía humana, la energía solar, y, la piezoelectricidad.

La posibilidad de “capturar” **energía humana**, a través de dispositivos que transforman la energía del movimiento del cuerpo humano en energía que puede ser almacenada y utilizada (ver Fig. 2.4), ha permitido desarrollar una serie de máquinas de gimnasio que producen energía suficiente para iluminar el espacio en el que se encuentran. El primer gimnasio en implementar esta tecnología fue el California Fitness, en Hong Kong a través de su programa “Powered by you”. La experiencia del gimnasio muestra que en



promedio, una persona que utiliza una de las caminadoras durante una hora, puede generar 18,2 KW al año [43].



Fig. 2.4. Máquinas de gimnasio que generan energía eléctrica.

Al momento, existen varios fabricantes de máquinas de gimnasio que “capturan” energía. La empresa Human Dynamo [44] ofrece un modelo de bicicletas interconectadas capaces de generar entre 100 a 450 W, a un costo aproximado de USD 1.600. La empresa Plug OutFitness [45], fabrica bicicletas y equipos de spinning, cada uno con la capacidad de generar hasta 250 W, dependiendo del nivel de ejercicio que se realice, a un costo aproximadamente de USD 2.500.

La tecnología disponible actualmente, permite “capturar” la **energía solar** mediante el uso de paneles y películas solares (ver Fig. 2.5 y 2.6), distribuidos sobre la estructura del edificio, aprovechando azoteas, ventanales, y, espacios abiertos.



**Fig. 2.5.** Paneles solares en la azotea de un edificio.



**Fig. 2.6.** Uso de películas solares sobre los ventanales de un edificio.

Entre los distintos proveedores de paneles solares, para este proyecto, especial interés tiene la empresa TyconPower [46], dedicada al diseño y desarrollo de paneles solares para aplicaciones externas. La empresa ofrece paneles de  $0,96 \text{ m}^2$  de superficie, que pueden generar hasta  $120 \text{ Wp}$ , a un costo de USD 530. La tabla 2.7 muestra la potencia que se puede alcanzar a través de distintos arreglos de los paneles.



Tabla 2.7

Capacidad de generación de los paneles solares de TyconPower.

Cantidad	Potencia individual, Wp	Área cubierta, m <sup>2</sup>	Potencia total, Wp
5	120	4,8	600
10	120	9,6	1.200
15	120	14,4	1.800

Las **láminas solares** también permiten generar energía fotovoltaica, a la vez que proporcionan mayor flexibilidad. La empresa Global Solar desarrolla láminas que pueden generar entre 250 y 300Wp. Una lámina de 300 Wp de generación, tiene un área aproximada de 28,12 m<sup>2</sup>, y mide 57,4m x 0,49m, y, su costo aproximado es de USD 480. La tabla 2.8 muestra la potencia que se puede alcanzar con el uso de este tipo de láminas.

Tabla 2.8

Capacidad de generación de las láminas solares de Global Solar

Cantidad	Potencia individual, Wp	Área cubierta, m <sup>2</sup>	Potencia total, Wp
1	300	28,12	300
5	300	140,6	1500
10	300	281,2	3000

Utilizando **elementos piezoeléctricos** ubicados en la zona de graderíos (ver Fig. 2.7), se puede “capturar” la energía proveniente de las pisadas de los integrantes de las barras. Esta energía puede bastar para abastecer tableros electrónicos y otros dispositivos de señalización.



Fig. 2.7. Baldosas piezoeléctricas en el Misake park stadium. Kobe. Japón

La empresa Pavegen [47] desarrolla baldosas que convierten la energía cinética, proveniente de las pisadas, en electricidad que puede ser utilizada para aplicaciones no conectadas a la red eléctrica. Con un sistema básico montado sobre el arreglo de seis baldosas, se podría generar hasta 2,1 Wh por cada paso en cada baldosa, a un costo de USD 29.300 el sistema completo.

### 2.6.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR DE ESPACIOS DEPORTIVOS

Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación exterior de los espacios deportivos, se identificó la energía eólica, y, la piezoelectricidad.

La **energía eólica** puede ser “capturada” a través de mini o micro aerogeneradores (ver Fig. 2.8), cuya energía generada puede ser utilizada para abastecer a las luminarias de las canchas deportivas.





Fig. 2.8. Aerogeneradores en estadio de Brown, Cleveland. Ohio

Los miniaerogeneradores de la empresa ZytechErodyne [48] pueden generar entre 1200 y 1500 W, a un costo de USD 1.300.

### 2.6.3 PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Como opción para abastecer de energía a la provisión de agua caliente sanitaria, se identificó a la energía solar.

El uso de **concentradores solares o concentradores térmicos** (ver Fig.2.9), permitirá proveer de agua caliente a la piscina semiolímpica y a las duchas.



Fig. 2.9. Uso de concentradores solares para piscina y duchas

Los concentradores térmicos de la empresa Capsolarcst [49], utilizan no sólo el calor solar sino también el calor del viento y del ambiente. El costo aproximado de un sistema para temperar el agua de una piscina de 150m<sup>2</sup> es de USD 15.240, con una capacidad de 42KW/h.

#### 2.6.4 STORAGE DE ENERGÍA

Cuando de aportar energía se trata, un especial interés merece el storage (almacenamiento), siempre considerando que la energía puede ser almacenada en las más diversas formas de un vector energético.

En el marco de este proyecto, se ha considerado sugerir el storage de energía a través del almacenamiento de aguas lluvias, y, el reciclado de aguas grises.

Las aguas lluvias pueden ser capturadas y conducidas a un lago de almacenamiento, para luego ser utilizadas en paisajismo, riego, o, para la generación de energía eléctrica a través de sistemas emergentes como la hidrogenación por vórtice gravitacional.



Otra alternativa interesante, es la reutilización de aguas grises, que una vez tratadas, pueden ser utilizadas como las aguas lluvias.



## CAPÍTULO III

### PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN GIMNASIO PARA LA UTPL, BASADO EN EL CONCEPTO DE HARVESTING DE ENERGÍA

#### 3.1 INTRODUCCION

La energía constituye la fuerza que impulsa a las sociedades modernas, pero no está disponible en forma ilimitada. La escasez energética se ha convertido en un grave problema actual, caracterizado por el agotamiento de las fuentes no renovables de energía, el aumento de la población, la demanda de energía en las nuevas aplicaciones tecnológicas, la contaminación del medio ambiente, y, el calentamiento global.

El creciente uso de dispositivos electrónicos portátiles, ha creado las oportunidades para el aprovechamiento de la energía humana, una forma de microenergía renovable absolutamente no convencional, que se pone de manifiesto en un gimnasio, en el pedaleo de una bicicleta, en los juegos infantiles en parques y lugares públicos, etc. [50].

En un gimnasio, parte de la energía que una persona utiliza en las máquinas de ejercicios, puede convertirse en energía aprovechable para abastecer ciertos procesos propios del gimnasio. Al momento, los esfuerzos de I+D+D se han centrado en la conversión de energía humana en energía eléctrica, y, en los gimnasios se ha identificado como las máquinas de mayor eficiencia en la generación de energía eléctrica a las máquinas elípticas y a las bicicletas. Algunos diseños utilizan pequeños dínamos que generan lo suficiente para el funcionamiento de pantallas que indican velocidad y nivel de ejercitación [51]. Otras aplicaciones potenciales de harvesting de energía en las máquinas de gimnasio son el control de temperatura, el bombeo de agua, el riego de las zonas verdes, etc.



Este trabajo describe el diseño propuesto para la implementación de un gimnasio en el Campus San Cayetano de la UTPL, en la ciudad de Loja, diseñado bajo el concepto de capturar la energía humana disipada. Adicionalmente se analizan los efectos positivos, tanto tecnológicos como culturales y académicos, que el uso de este tipo de gimnasio podría otorgar.

### **3.2 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN GIMNASIO BASADO EN EL CONCEPTO DE HARVESTING DE ENERGÍA.**

#### **3.2.1 HARVESTING DE ENERGÍA HUMANA EN LOS GIMNASIOS**

La energía humana es una fuente gratuita de microenergía renovable, utilizada desde siempre. A pesar de la baja eficiencia del proceso de conversión de energía humana en energía utilizable, la alta disponibilidad de energía mecánica y térmica durante la actividad física, convierte a la energía humana en una fuente de microenergía renovable potencialmente utilizable [52].

En los últimos años, una nueva generación de gimnasios adoptó el concepto de aprovechar de mejor manera la energía humana, y, convertirla en energía que pueda ser utilizada para potenciar algunos dispositivos eléctricos [53].

El harvesting de energía en equipos de gimnasio, se cataloga dentro de los sistemas de microgeneración, en los que la generación es menor a 5KW/h. Estos sistemas no pretenden competir con los sistemas comerciales de generación de energía, y, su función principal es reducir la dependencia respecto a esos sistemas [54].

Los estudios sobre generación de energía eléctrica en un gimnasio, realizados por la Universidad de California en Berkeley y la Universidad de British Columbia, han demostrado que, el proceso de transferencia de energía humana a energía eléctrica se produce con una eficiencia mucho menor al 100%, debido a que parte de la energía se



degrada en calor debido al rozamiento, choques, vibraciones, etc. [55]. El valor del rendimiento de la conversión de energía, se relaciona con la actividad en la que se realiza el harvesting (ciclismo, atletismo, levantamiento de pesas, etc.), y, es mayor en las actividades realizadas con las extremidades inferiores.

Otros estudios [56] muestran que a través de las piernas se puede generar una energía cuatro veces mayor a la generada con los brazos; y, que una persona entre 20 y 40 años de edad, puede generar, en promedio, 100 W al ejercitarse por una hora en una máquina elíptica.

### 3.2.2 ZONAS REQUERIDAS EN EL GIMNASIO Y EQUIPOS A INSTALAR

El diseño preliminar del nuevo gimnasio de la UTPL, parte de la definición de las zonas que deben conformarlo. En diálogo con los responsables de la dimensión deportiva en la universidad, se determinó que un gimnasio universitario debería incluir al menos 6 zonas: **zona de musculación** (estación de fuerza, máquina de sentadilla, bancas de pecho, cabinas de abductores, máquinas para abdomen y espalda, mancuernas), **zona cardiovascular** (máquinas trotadoras, bicicletas reclinadas, máquinas elípticas, y, bicicletas de spinning), **zona de clases grupales** (aeróbicos, pilates, yoga, estiramientos, abdomen, etc.), **zona de asesoría médica y fisioterapeutas**, **zonas de camerinos y duchas; y, zona de casilleros.**

En los diseños preliminares, se ha asignado para el nuevo gimnasio un área de aproximadamente 300 m<sup>2</sup>. Considerando este espacio, realizó un esquema de la posible distribución de zonas (ver Fig.3.1). La tabla 3.1, resume el área a ocupar por cada zona, y, el número de equipos a instalar.

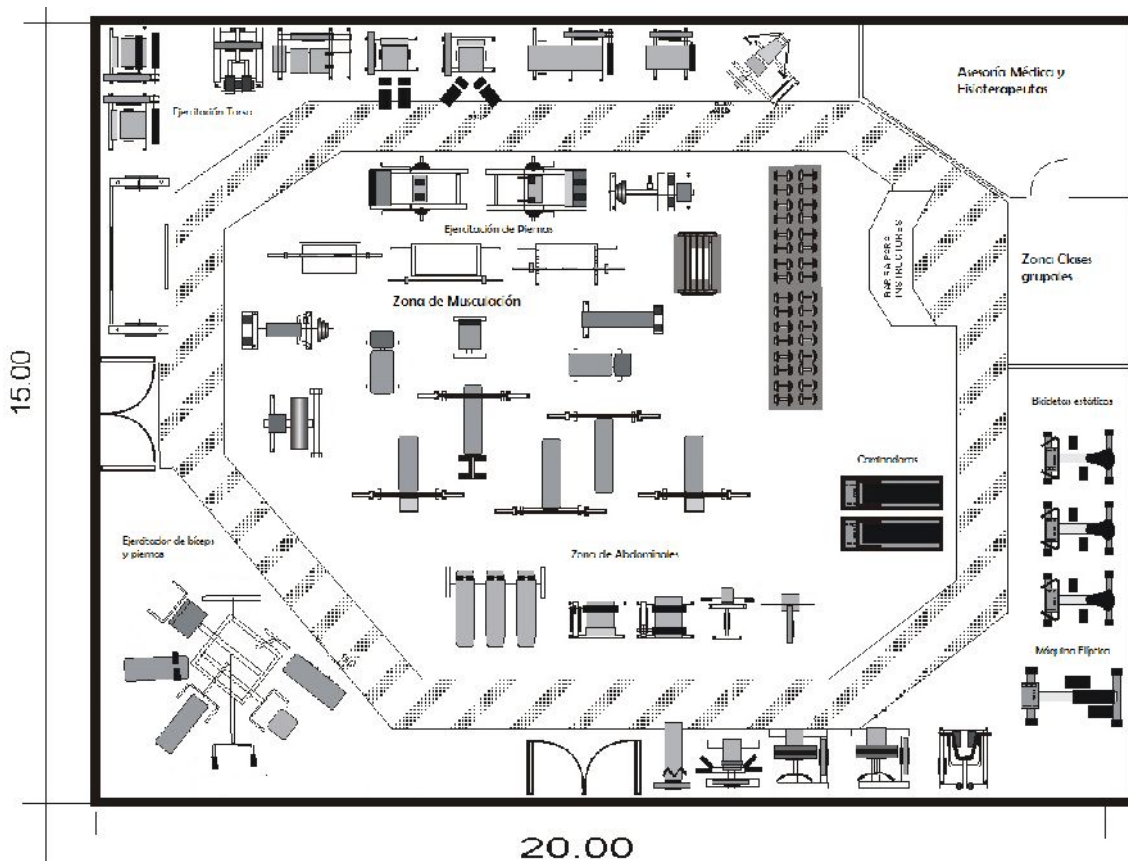


Fig. 3.1. Esquema de la distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la Universidad

Tabla 3.1.

Distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la UTPL.

Descripción	Área a cubrir (m <sup>2</sup> )	Número de equipos
Zona de musculación	60	19
Zona cardiovascular	35	10
Zona de clases grupales	40	0



Zona de asesoría médica y fisioterapia	20	0
--	----	---

### 3.2.3 EQUIPAMIENTO DISPONIBLE EN EL MERCADO PARA HARVESTING DE ENERGÍA EN GIMNASIOS Y APROXIMACIÓN DE LA INVERSIÓN A REALIZAR.

Actualmente, la universidad cuenta con equipos para la zona de musculación, pero carece de otros equipos. Por esta razón, en el marco de esta propuesta, se sugiere la adquisición de al menos 2 bicicletas estáticas, 1 máquina elíptica, 1 bicicleta reclinada, y, una caminadora (ver Fig3.2 – Fig.3.5)



Fig. 3.2. Bicicleta estática marca Mottion

<http://www.damofit.com/index.php?cat=Bicicleta%20Fija>





**Fig. 3.3.** Máquina elíptica

<http://www.damofit.com/index.php?cat=Caminador%20eliptico>



**Fig. 3.4.** Caminadora Fitage GE-201

<http://www.damofit.com/index.php?cat=Cinta%20de%20correr>



**Fig. 3.5.** Bicicleta reclinada Fitage GE-703

<http://www.damofit.com/index.php?cat=Bicicleta%20fija>

Entre las empresas dedicadas al desarrollo de equipamiento de gimnasio para harvesting de energía humana, destaca ReRev, empresa dedicada enteramente a la readecuación de equipos de gimnasio, especialmente máquinas elípticas, bicicletas estáticas, y, caminadoras. La información disponible sobre el costo promedio de equipos de gimnasio, y, de los servicios que oferta ReRev, sirvió de base para calcular la inversión requerida. La tabla 3.2 muestra el valor aproximado de cada equipo, y, el costo referencial de adecuación del mismo, definido a partir del estudio realizado en la Universidad de California en Berkeley [57]. En los costos de readecuación del equipamiento, no se ha considerado el costo de movilización del personal técnico ni los gastos en importación del equipamiento necesario para la readecuación.

**Tabla 3.2.**

Inversión en equipos de gimnasio y readecuación de los mismos, para el nuevo gimnasio de la UTPL.

<b>Cant.</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo por adaptación (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
2	Bicicleta estática	600,00	921,00	3.042,00



1	Bicicleta reclinada Fitage GE- 703	450,00	921,00	1.371,00
1	Máquina Elíptica	700,00	921,00	1.621,00
1	Caminadora Fitage GE- 201	905,00	921,00	1.826,00
<b>Total</b>				<b>7.860,00</b>

### 3.3 ANÁLISIS DE LOS POSIBLES IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL GIMANSIO

La implementación de un gimnasio en la UTPL, diseñado bajo el principio de harvesting de energía, puede proporcionar impactos cuantitativos en la generación de energía, y, cualitativos en el cambio de paradigma cultural de la comunidad universitaria.

#### 3.3.1 APOORTE EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Este impacto puede ser cuantificado y analizado desde el punto de vista financiero. Debido al estado embrionario de la tecnología, este impacto es modesto. Es mucho más importante la validación del impacto económico del cambio de paradigma cultural de la comunidad universitaria [58].

Para fines prácticos, el cálculo de la energía eléctrica generada se realizó considerando que en nuestro medio, en promedio, una persona podría generar 75 W en una hora de ejercicio. Se consideró también que las máquinas funcionan 6 horas



diarias durante 300 días al año. En estas condiciones, la producción de energía sería del orden de 2,25 KW/h / día, ó, 675 KW/h /año. En la tabla 3.3 se resume la cantidad de energía que se puede generar al adaptar los equipos de gimnasio.

**Tabla 3.3.**

Generación de energía en los equipos del gimnasio adaptados, por año.

Equipos	Potencia Estimada	Horas uso día	Días al año	Energía Generada KW h / año	Costo KW h	Energía Total (USD)
2	75	6	300	270	0,11	29,70
1	75	6	300	135	0,11	14,85
1	75	6	300	135	0,11	14,85
1	75	6	300	135	0,11	14,85
<b>TOTALES</b>				<b>675</b>		<b>74,25</b>

Por cuanto el costo promedio de un KW/h en la región sur del Ecuador, es de USD 0,11, la energía producida por el conjunto de máquinas se valoraría en USD 74,25 por año. Con esta tasa, el período de recuperación de la inversión sería de al menos 106 años, a tal punto que, al finalizar la vida útil de los equipos se habría recuperado sólo del 6% al 7% de la inversión.

Por otra parte, la potencia estimada en iluminación del nuevo gimnasio es de alrededor de 2,88 KW. Para un uso frecuente de al menos 4 horas diarias, en iluminación se requeriría unos 3.456 KW/h al año. La generación obtenida en las ejercitadoras sólo cubriría el 19% de esa energía. Lo óptimo entonces, sería utilizar la energía aportada vía harvesting para potenciar señalización u otras aplicaciones de bajo consumo de energía.



### 3.3.2 CAMBIOS CUALITATIVOS EN EL PARADIGMA CULTURAL

La utilización de equipos de ejercicio que posibilitan el harvesting de energía, se transforma en un pretexto excelente para introducir en la comunidad universitaria, la discusión sobre las consecuencias del déficit de fuentes de energía fósil y la contaminación ambiental que produce la explotación no regulada de las mismas, a la vez que fomenta el pensamiento creativo acerca de la aplicación de energías renovables [59].

Un gimnasio que genera parte de la energía que consume, resulta un método novedoso para animar a las personas a realizar ejercicio y fijarse metas, esto, debido a que a través de pantallas indicadoras el sistema permite visualizar aproximadamente la cantidad de las calorías “consumidas” y la energía aportada mientras se realiza un ejercicio (Ver. Fig. 3.6), facilitando la motivación de los usuarios [60]. Los participantes adquieren un comportamiento ambiental positivo, que promueve la conservación de la energía y la sostenibilidad en general. Esta motivación puede mejorarse si la energía capturada no sólo se utiliza para potenciar equipamiento propio del gimnasio, sino que también se destina a potenciar dispositivos electrónicos de propiedad de los estudiantes, como computadores portátiles, teléfonos celulares, etc.



**Fig. 3.6.** Pantalla de monitoreo del sistema ReRev  
<http://www.rerev.com>



Otro aspecto importante a considerar, es la posibilidad de que, a través de la prueba, más ingenieros se sumen a la I+D+D del harvesting de energía en este tipo de máquinas, ampliando el espectro de aplicación, y, mejorando los indicadores financieros actuales.



## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE UNA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LA OPERACIÓN Y DESEMPEÑO DE LÁMINAS SOLARES

#### 4.1 INTRODUCCION

El creciente costo económico y ambiental de los combustibles fósiles, ha promovido el desarrollo de las fuentes renovables como alternativas energéticas. Los esfuerzos no sólo se orientan en el mejoramiento y optimización constante de la tecnología, sino que también incluye un fuerte componente de transformación cultural en el uso de la energía en la sociedad [61].

La energía solar es una de las fuentes de energía renovables más utilizada actualmente, sobre todo porque presenta una mayor eficiencia con respecto a otras energías como la eólica y la piezoelectricidad. El uso de energía solar incluye la captura, la conversión, y, el almacenamiento [62]. La captura y la conversión, se realizan en paneles o en láminas solares.

Las láminas solares forman parte de la segunda generación de la tecnología solar, y, su principal ventaja radica en la flexibilidad de instalación y la mayor cobertura de área, lo que permite una mayor capacidad de generación de energía eléctrica y un mejor rendimiento energético, incluso a altas temperaturas y baja radiación.

El estudio del funcionamiento y desempeño de las láminas solares, puede permitir obtener información valiosa para el dimensionar para impulsar la sustentabilidad del campus y la reducción de la huella ecológica.

Este documento describe el diseño de una estación de experimentación para el estudio de la operación y desempeño de láminas solares en las condiciones de insolación de la ciudad de Loja.



## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA

### 4.2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En el marco de este proyecto, se propone diseñar una estación experimental para el estudio de la operación y desempeño de las láminas solares en las condiciones de irradiación solar de Loja.

La estación experimental propuesta deberá poseer una infraestructura base y la instrumentación adecuada, para permitir al menos tres tipos de análisis: operación y desempeño de los esquemas posibles de interconexión de las láminas solares, operación y desempeño de las opciones potenciales de storage de energía, y, la operación y desempeño del sistema ante distintos tipos de carga (Ver Fig.4.1).

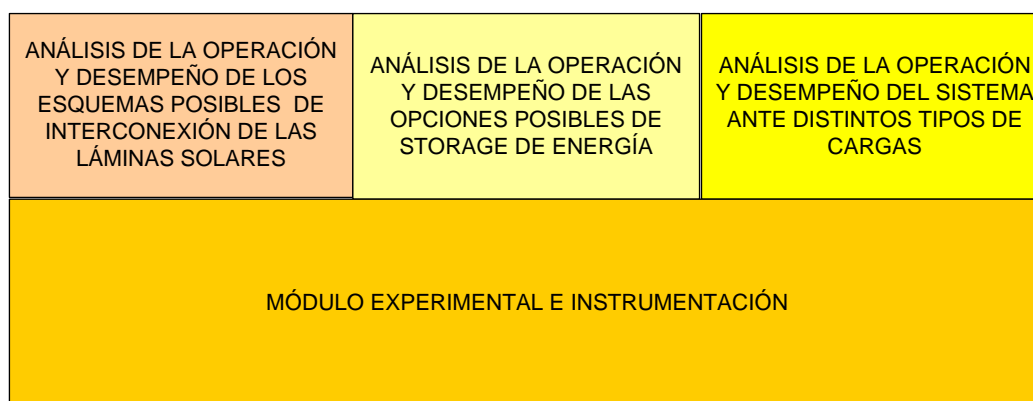


Fig. 4.1. Diagrama funcional del módulo experimental a implementar.

Como referencia base, la estación se montará para el estudio de la operación y desempeño de láminas solares tipo Power FLEX BIPV - 300W, de la empresa Global Solar, cuyas características técnicas más relevantes se muestran en la Tabla 4.1.





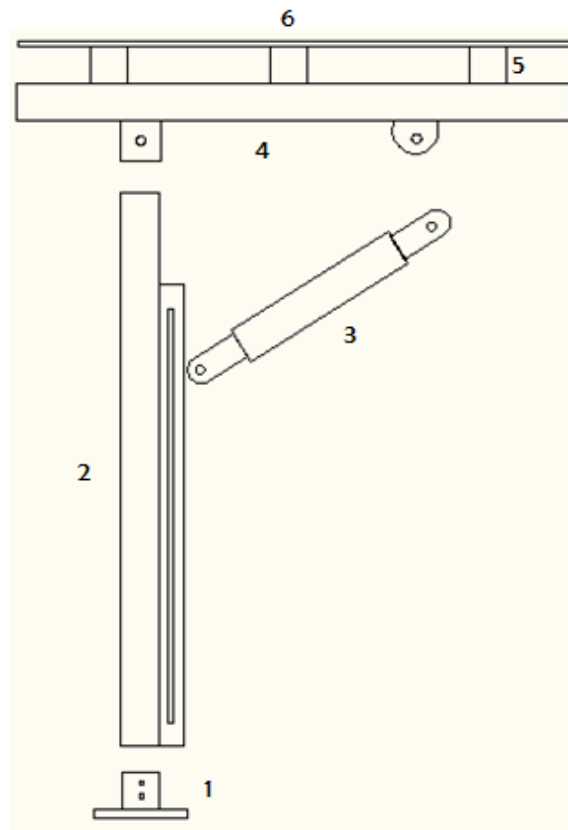
Tabla 4.1

Características técnicas de las láminas solares SolarFilm.

<b>Capacidad</b>	28Wp
<b>Dimensiones</b>	2025 x 368 x 3 mm
<b>Peso</b>	0.82 kg
<b>Tiempo de vida estimado</b>	aproximadamente de 10 años
<b>Tipo de célula</b>	108 CIGS células (210 x 100 mm)
<b>Eficiencia</b>	12.6%
<b>Tensión nominal</b>	15.4 V

Las láminas se conectan a un circuito de carga, en el que instrumentos registran el voltaje y el amperaje, a fin de determinar la energía generada.

La estación experimental propuesta cuenta con una estructura base como la mostrada en la Fig.4.2. Dos láminas se colocan sobre una plataforma (plano), capaz de rotar sobre su eje, a fin de seguir el recorrido del Sol.



**Fig. 4.2.** Sistema experimental de láminas solares. [Diseño de autores] 1, base de la estación. 2, soporte principal. 3, bisagra. 4, soporte plano vertical de láminas. 5, soporte plano horizontal de láminas. 6, plano de láminas.

#### 4.2.2 GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

La estructura se fija al suelo a través de una **base** (figuras 4.3, 4.4, y, 4.5). Un **soporte principal**, conectado a la base de la estructura, sobrellevar el peso de la misma (figuras 4.6, 4.7, y, 4.8).

Una **bisagra** (figuras 4.9 y 4.10) proporciona al **plano de inclinación** (figura 4.11), la posibilidad de orientarse adecuadamente al recorrido del Sol El plano de inclinación se sostiene en la estructura por medio de un par de **soportes**, tanto horizontal como vertical (figuras 4.12, 4.13, 4.14, y, 4.15).

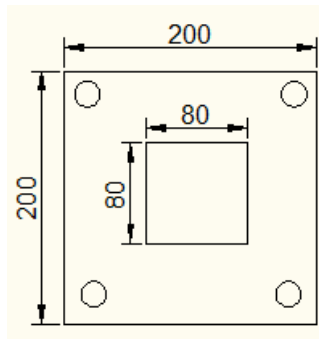


Fig. 4.3. Vista superior Base de la estación

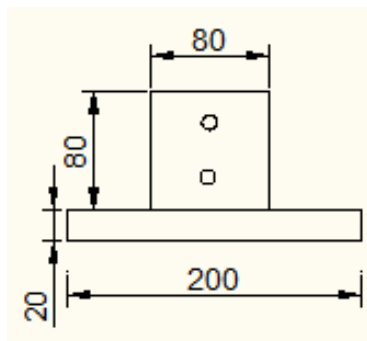


Fig. 4.4. Vista lateral, base de la estación. [Diseño de autores]

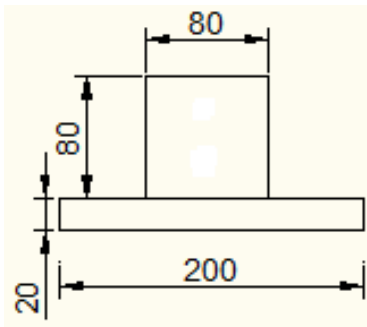


Fig. 4.5. Vista Frontal, base de la estación. [Diseño de autores]

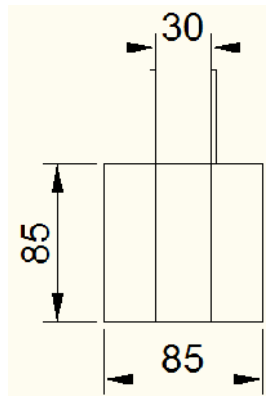


Fig. 4.6. Soporte principal. Vista Superior. [Diseño de autores]

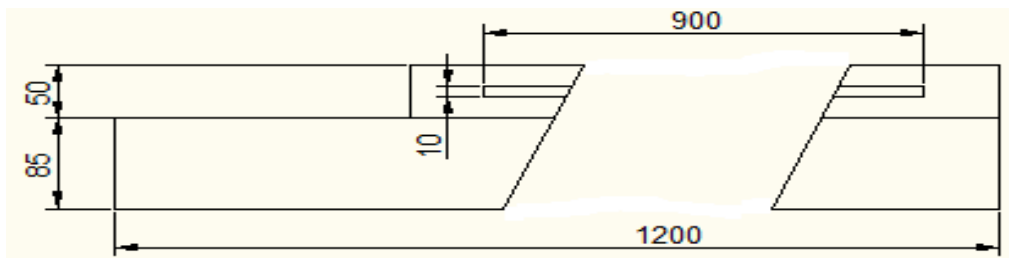


Fig. 4.7. Soporte principal vista lateral. [Diseño de autores]

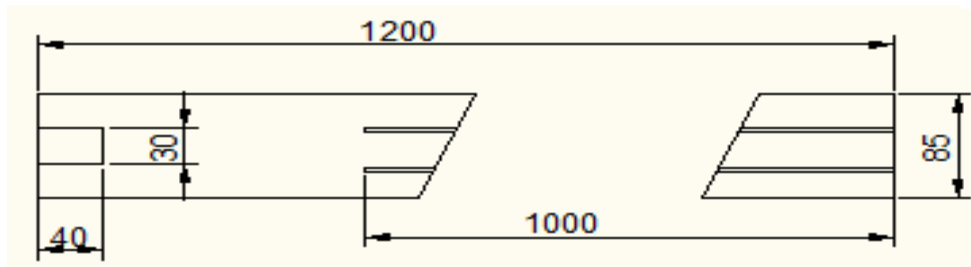


Fig. 4.8. Soporte Principal. Vista Frontal [Diseño de autores]

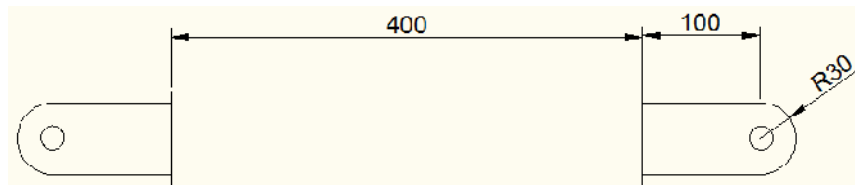


Fig. 4.9. Bisagra. Vista lateral. [Diseño de autores]

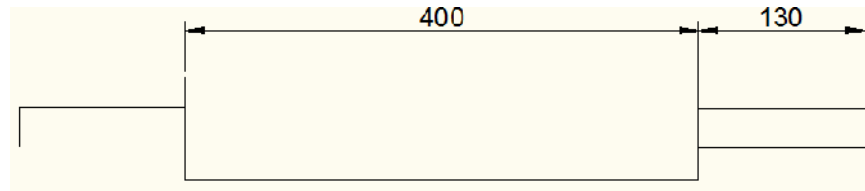


Fig. 4.10. Bisagra. Vista Superior. [Diseño de autores]

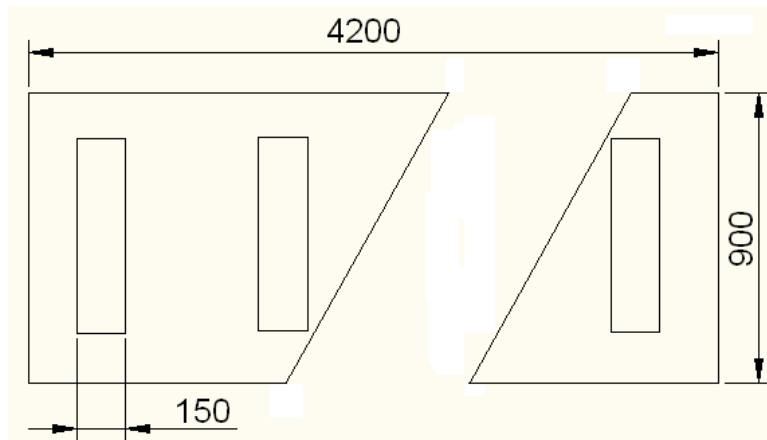


Fig. 4.11. Tablero de soporte láminas solares. Vista frontal. [Diseño de autores]

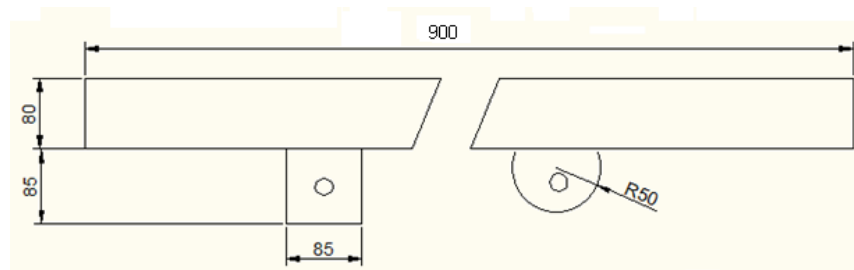


Fig. 4.12. Soporte cuadro principal. Vista lateral. [Diseño de autores]

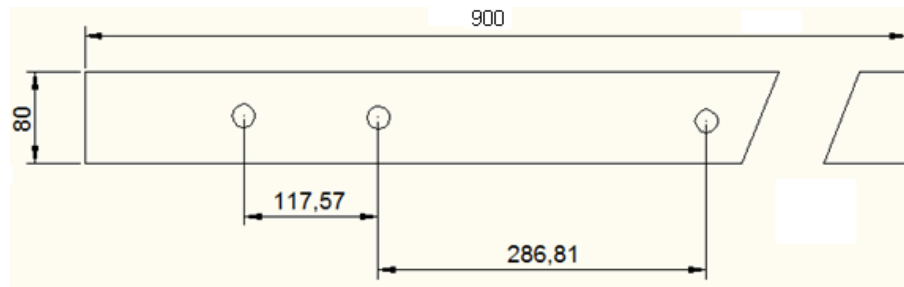


Fig. 4.13. Soporte cuadro principal. Vista superior. [Diseño de autores]

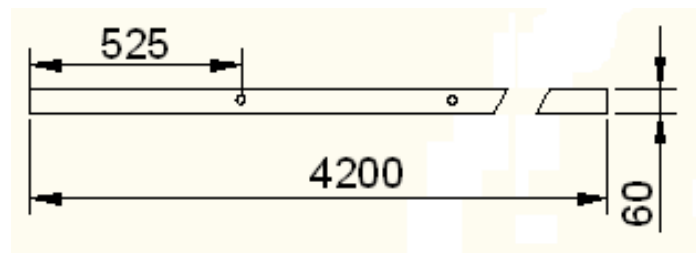


Fig. 4.14. Soporte de cuadro principal. Vista lateral. [Diseño de autores].

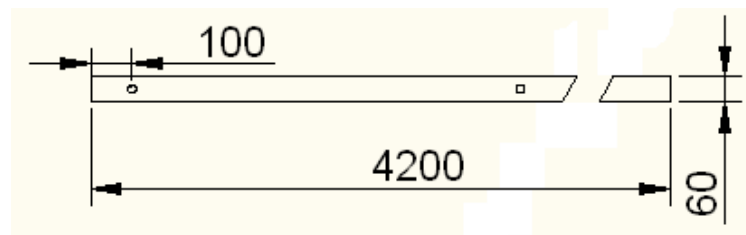


Fig. 4.15. Soporte cuadro principal. Vista superior. [Diseño de autores].

### 4.2.3 INSTRUMENTACIÓN

La tabla 4.2, muestra la instrumentación necesaria para evaluar la operación y desempeño de las láminas solares.

**Tabla 4.2**

Instrumentación requerida para el módulo de experimentación.

Descripción	Cantidad
Voltímetro	1
Amperímetro	1
Inversor solar	1
Regulador de carga C-0193	1
Baterías modelo Millenium	2
Conectores Tyco Solarlock macho y hembra	
Cargas para el sistema	

Se recomienda el uso de un multímetro tipo Dig panel DMK – 20 (Ver Fig. 4.16), que permite la adquisición de data sobre voltaje y amperaje, el almacenamiento de los datos adquiridos, y, la descarga de la información en un computador.



Fig. 4.16. Multímetro Dig Panel DMK-20. Disponible en: <http://www.ohgizmo.com>

El inversor solar, permite realizar la conversión CD a CA. El inversor seleccionado es el UniLynx 3000 (Ver Fig. 4.17), cuyas características técnicas se resumen en la tabla 4.3.



Fig. 4.17. Inversor solar HB-A series. Disponible en: <http://exmork.com/pure-sine-wave-inverter.htm>

**Tabla 4.3**

Características técnicas Inversor solar Unilynx 3000.

Descripción	Características
Voltaje Ac de salida	110 – 220V
Frecuencia de salida	60Hz
Forma de onda de salida	Senoidal pura
Rango de voltaje de entrada	12 – 24 V

El regulador de carga modelo C-0193, permite controlar el proceso de carga de la batería (Ver figura 4.18). Un microprocesador controla los umbrales de conmutación de corte y reset, por exceso o por falta de tensión. Las características técnicas del regulador de carga seleccionado, se resumen en la tabla 4.4.



Fig. 4.18. Controlador Solar C-0193. Disponible en: [http://electroindustrial.com/solar/reguladores/c-0193\\_regulador\\_solar\\_inteligente\\_12v\\_24v\\_10a..htm](http://electroindustrial.com/solar/reguladores/c-0193_regulador_solar_inteligente_12v_24v_10a..htm)



**Tabla 4.4**

Características técnicas controlador solar C-0193.

Descripción	Características
Corriente del módulo	10 A
Corriente de carga	10 A
Consumo interno	10 mA
Rango de tensión	12 – 24 V
Medidas	190 x 115 x 55 mm

Las baterías a utilizar en el storage de energía, son del tipo millenium (figura 4.19), cuyas características técnicas se muestran en la tabla 4.5.

**Fig. 4.19.** Batería Millenium

Disponible en: Catálogo de productos ProViento S.A. Ecuador 2011

**Tabla 4.5**

Características técnicas Batería Millenium

Descripción	Características
Corriente del módulo	10 A
Corriente de carga	10 A
Consumo interno	10 mA
Rango de tensión	12 – 24 V
Medidas	190 x 115 x 55 mm

Las láminas pueden ser conectadas en serie y paralelo, para lo que se requiere de una serie de conectores como los mostrados en las figuras 4.20, 4.21, 4.22, y, 4.23.



Fig. 4.20. Conector Solarlock T-Branch macho a macho. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 4.21. Conector Solarlock T-Branch hembra a macho. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 4.22. Conector Solarlock Hembra. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 4.23. Conector Solarlock Macho. Disponible en: <http://www.te.com>



#### 4.2.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

La figura 4.24 muestra la integración de los elementos del sistema.

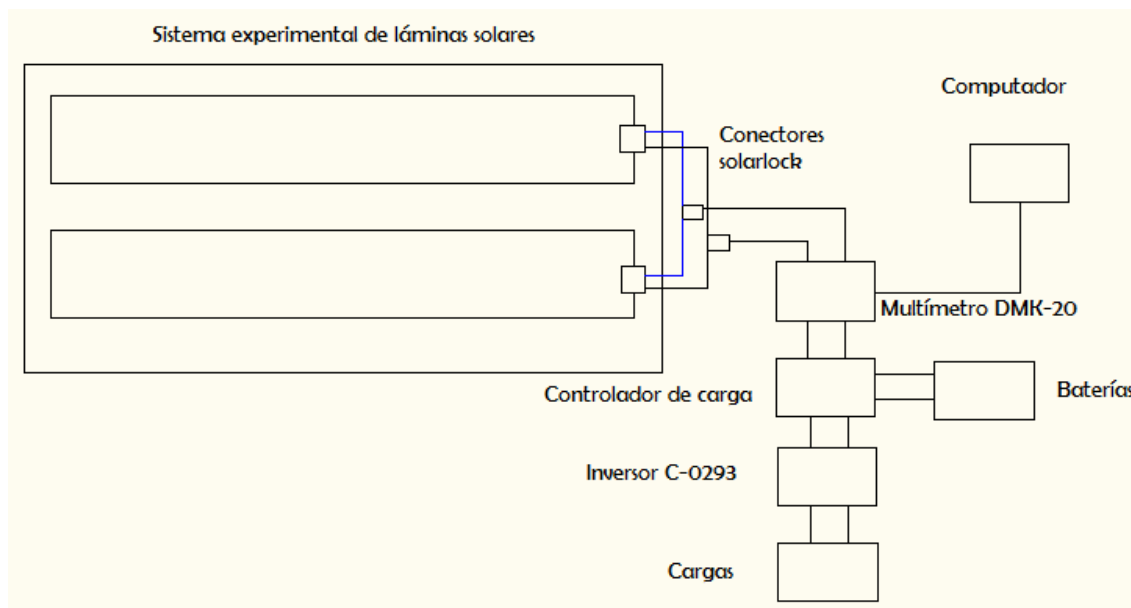


Fig. 4.24. Integración de los instrumentos del sistema experimental de láminas solares

#### 4.2.5 PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN

La tabla 4.6 resume los costos de implementación de la estación experimental planteada.

**Tabla 4.6**  
Costo aproximado para la implementación del sistema

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Total
Arnés para montaje de láminas solares	1	510,00	510,00
Láminas solares	4	952,00	3808,00



SolarFilm			
Multímetro Dig Panel DMK-20	1	450,00	450,00
Inversor HB-A series	1	450,00	450,00
Regulador de carga C-0193	1	150,00	150,00
Baterías de gel modelo S8DSL	2	150,00	300,00
Conector solar lock T-Branch macho - macho	2	50,00	100,00
Conector solar lock T-Branch hembra-macho	2	50,00	100,00
Conector solar lock macho	2	25,00	50,00
Conector solar lock hembra	2	25,00	50,00
<b>Total</b>			<b>5968,00</b>



## CONCLUSIONES

- En 1989, la Universidad de California en Los Ángeles, UCLA, marcó un precedente al introducir el concepto de “valoración del impacto ambiental” en la gestión y operación de su campus. Como resultado, se formuló una política institucional con visión ambiental.
- Este fue el punto de partida para lo que, en los años noventa, se denominó “ambientalización de la universidad”. Muchas universidades incluyeron prácticas medioambiente-amigables en su gestión, e, impulsaron un proceso de internacionalización del compromiso universitario con el medio ambiente y el desarrollo sustentable.
- Esta internacionalización dio lugar a la firma de declaraciones como la de Talloires y muchas otras, que se han convertido en referencias para el accionar de las universidades en la formación de profesionales, en la investigación, y, en la adopción de medidas para la gestión sustentable de sus campus.
- La experiencia latinoamericana en la gestión sustentable del campus universitaria es reciente y diversa. Existen experiencias enmarcadas en esfuerzos propios de cada institución, y, algunos de cooperación internacional.
- En el Ecuador, el marco jurídico existente respalda y obliga a las universidades en la ejecución de programas formativos, de investigación, y, de demostración, que permitan cambiar el paradigma social en relación a la energía.
- En este marco, algunas universidades han propuesto iniciativas relacionadas a las energías renovables (no convencionales), sin llegar a incluirlas en la gestión del campus universitario. Existen propuestas de investigación que abordan el tema de desarrollo sustentable del campus, pero hace falta el desarrollo y demostración, que comprometa a la comunidad universitaria a dimensionar, asumir, y, minimizar el impacto ambiental de las instalaciones de la institución.
- Para proyectar la demanda de energía en el nuevo polideportivo de la UTPL, se han considerado espacios interiores y exteriores, y, se ha definido cuatro grupos de procesos que requieren energía: iluminación interior del polideportivo, iluminación exterior de espacios deportivos, circuitos de fuerza, y, provisión de agua caliente sanitaria.
- La demanda proyectada de energía en iluminación interior del nuevo polideportivo de la UTPL, incluye la iluminación de las canchas cubiertas, pasillos, baños, vestidores, y, áreas de descanso, y, alcanza el valor de 28.140 W.
- Existe una excelente posibilidad de optimizar el consumo de energía en iluminación interior, al corregir el número de lámparas utilizadas y/o homogeneizar la intensidad luminosa.



- Otra oportunidad de optimización del consumo de energía en iluminación interior es el uso de luminarias tipo LED, que permitirían un ahorro de un 20% respecto al consumo actual.
- La demanda proyectada de energía en iluminación exterior del nuevo polideportivo de la UTPL, incluye la iluminación de la cancha de futbol, y, alcanza el valor de 3.000 W.
- Una oportunidad de optimización del consumo de energía en iluminación exterior es el uso de luminarias tipo LED.
- La demanda proyectada de energía para tomas de fuerza en el nuevo polideportivo de la UTPL, alcanza el valor de 3.176 W.
- La demanda proyectada de energía para proveer de agua caliente sanitaria al nuevo polideportivo de la UTPL, alcanza el valor de 5.823 KW/h.
- Una opción para optimizar el uso de energía para proveer de agua caliente sanitaria al polideportivo, es el uso de sistemas de oxigenación que, al aumentar la velocidad del agua proporcionan un ahorro de entre el 20 y el 70% de agua, en comparación a los sistemas tradicionales.
- La selección de fuentes de energía renovable potencialmente utilizables para abastecer de energía al nuevo polideportivo, se basó en tres condiciones: aplicabilidad, disponibilidad, y, requerimientos de instalación y explotación.
- Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación interior y a los circuitos de fuerza del polideportivo, se identificó la energía humana, la energía solar, y, la piezoelectricidad.
- Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación exterior de los espacios deportivos, se identificó la energía eólica, y, la piezoelectricidad.
- Como opción para abastecer de energía a la provisión de agua caliente sanitaria, se identificó a la energía solar.
- En el marco de este proyecto, se ha considerado sugerir el storage de energía a través del almacenamiento de aguas lluvias, y, el reciclado de aguas grises.
- El creciente uso de dispositivos electrónicos portátiles, ha creado las oportunidades para el aprovechamiento de la energía humana, una forma de microenergía renovable absolutamente no convencional, que se pone de manifiesto en un gimnasio, en el pedaleo de una bicicleta, en los juegos infantiles en parques y lugares públicos, etc
- La energía humana es una fuente gratuita de microenergía renovable, utilizada desde siempre. A pesar de la baja eficiencia del proceso de conversión de energía humana en energía utilizable, la alta disponibilidad de energía mecánica y térmica durante la actividad física, convierte a la energía humana en una fuente de microenergía renovable potencialmente utilizable.
- La utilización de equipos de ejercicio que posibilitan el harvesting de energía, se transforma en un pretexto excelente para introducir en la comunidad universitaria, la discusión sobre las consecuencias del déficit de fuentes de energía fósil y la



contaminación ambiental que produce la explotación no regulada de las mismas, a la vez que fomenta el pensamiento creativo acerca de la aplicación de energías renovables.

- El harvesting de energía en equipos de gimnasio, se cataloga dentro de los sistemas de microgeneración, en los que la generación es menor a 5KW/h. Estos sistemas no pretenden competir con los sistemas comerciales de generación de energía, y, su función principal es reducir la dependencia respecto a esos sistemas



## TRABAJOS FUTUROS

Construcción del sistema experimental de láminas solares y análisis del comportamiento del mismo.





## REFERENCIAS

- [1] No se reconoce autor. "Manual del uso de la energía solar". Disponible en: <[http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/73bib\\_arch.pdf](http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/73bib_arch.pdf)> [Consulta enero de 2012].
- [2] R. Conde, O. González, and E. Mendieta, "Hacia una Gestión Sustentable del Campus Universitario", México, 2008
- [3] J. Pierce, E. Paulos. "MaterializingEnergy". USA.
- [4] No se menciona Autor. "Renewable Energy". Disponible en:<<http://www.eere.energy.gov/basics/glossary.html#R>>[Consulta enero del 2012].
- [5] EIA. "Energy Basics". Disponible en: <<http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/showtext.cfm?t=ptb1002a>> [Consulta enero del 2012].
- [6] J. Fernández, F. Santos, M. Herrero, A. Crespo. "Energías renovables para el Desarrollo". México, 2007.
- [7] Gilman, Larry, (2010, Nov 15) "Energy Efficiency", Gale, Cengage Learning. Disponible en:<[http://find.galegroup.com/grnr/infomark.do?&contentSet=EBKS&idigest=2af874b2262f5e4fad12e3860a960171&type=retrieve&tabID=T001&prodId=GRNR&docId=CX3079000097&eisbn=978-1-4144-37088&source=gale&userGroupName=utpl\\_cons&version=1.0](http://find.galegroup.com/grnr/infomark.do?&contentSet=EBKS&idigest=2af874b2262f5e4fad12e3860a960171&type=retrieve&tabID=T001&prodId=GRNR&docId=CX3079000097&eisbn=978-1-4144-37088&source=gale&userGroupName=utpl_cons&version=1.0)> [Consulta enero de 2012].
- [8] No se menciona Autor. "Declaración de Talloires". Disponible en:<[http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL\\_ID=37590&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=37590&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)> [Consulta enero del 2012].
- [9] ULSF. "Declaración de Halifax". Disponible en:<[http://www.ulsf.org/pub\\_declaration\\_curvol61.htm](http://www.ulsf.org/pub_declaration_curvol61.htm)> [Consulta enero del 2012].
- [10] M. Keating. "The rio declaration on environment and development (1992)". Disponible en:



- <[http://www.unesco.org/education/information/nfsunesco/pdf/RIO\\_E.PDF](http://www.unesco.org/education/information/nfsunesco/pdf/RIO_E.PDF)>  
[Consulta enero del 2012].
- [11] Association of Commonwealth Universities. “Declaración de Swansea”. Disponible en línea:<<http://www.iisd.org/educate/declarat/swansea.htm>> [Consulta enero del 2012].
- [12] No se menciona Autor. “Declaración de Kioto”. Disponible en:<[http://www.uncrd.or.jp/env/est/docs/kyoto/kyoto\\_dec\\_34.pdf](http://www.uncrd.or.jp/env/est/docs/kyoto/kyoto_dec_34.pdf)> [Consulta enero del 2012].
- [13] G. Curiel. “Declaración de Barbados”. Disponible en:<<http://www.novosite.nl/editor/assets/unapublications/aanzetWEB-10.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [14] UNESCO. “Declaration of Thessaloniki”. Disponible en:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001177/117772eo.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [15] UNESCO. “The Lüneburg Declaration on Higher Education for Sustainable Development”. Disponible en:<<http://portal.unesco.org/education/en/files/37585/11038209883LuneburgDeclaration.pdf/LuneburgDeclaration.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [16] No se menciona Autor. “UBUNTU declaration on Education and Science and Technology for Sustainable Development”. Disponible en:<<http://www.environment.gov.za/sustdev/documents/pdf/UbuntuDeclaration.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [17] No se menciona Autor. “Campus sustentable”. Disponible en:<[http://www.unlp.edu.ar/articulo/2008/6/25/plan\\_estrategico\\_de\\_desarrollo\\_sustentable](http://www.unlp.edu.ar/articulo/2008/6/25/plan_estrategico_de_desarrollo_sustentable)> [Consulta enero del 2012].
- [18] No se menciona Autor. “Plan de desarrollo sustentable”. Disponible en:<<http://www.bogota.unal.edu.co/>> [Consulta enero del 2012].
- [19] B. Gutiérrez, M. Martínez. “El plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior. escenarios posibles”. Disponible en:<<http://scielo.unam.mx/pdf/resu/v39n154/v39n154a6.pdf>> [Consulta enero del 2012].



- [20] UNAM. “*la ciudad universitaria y la energía*”. Disponible en: <<http://vesta.fi-b.unam.mx/index.html>> [Consulta enero del 2012].
- [21] No se menciona Autor. “Campus Sur y su contribución al desarrollo sustentable de Chile”. Disponible en: <[http://www.agronomia.uchile.cl/?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=notAgronomia&url=78182](http://www.agronomia.uchile.cl/?_nfpb=true&_pageLabel=notAgronomia&url=78182)> [Consulta enero del 2012].
- [22] UBA. “Desarrollo sustentable”. Disponible en: <<http://www.uba.ar/>> [Consulta enero del 2012].
- [23] CZER.Zamorano.edu. [Online]. Disponible en: <<http://czer.zamorano.edu/acerca.html>>. [Consulta 20 enero de 2012].
- [24] No se reconoce autor. “Centro demostrativo de tecnologías d energía renovable”. Disponible en: <<http://lpz.ucb.edu.bo/Forms/Noticias/2011/Cartilla%20UACS.pdf>>. [Consulta enero de 2012]
- [25] Asambleanacional.gob.ec. [Online]. Disponible en: <<http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/Constitucion-2008.pdf>>. [Consulta enero de 2012].
- [26] Asambleanacional.gob.ec. [Online]. Disponible en: <<http://documentacion.asambleanacional.gob.ec/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/eb888489-645d-43f1-b85d-2baa1f5d6afe/Ley%20Org%C3%A1nica%20Educa%C3%B3n%20Superior>>. [Consulta enero de 2012]
- [27] meer.gob.ec. [Online]. Disponible en: <[http://www.meer.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=74](http://www.meer.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=74)>. [Consulta enero de 2012]
- [28] ESPOL. “Centro de desarrollo sustentable”. [Online] Disponible en: <<http://www.cdts.espol.edu.ec/>> [Consulta enero de 2012]
- [29] No se menciona Autor. “Desarrollo sustentable”. Disponible en: <<http://www.puce.edu.ec/>> [Consulta enero de 2012]
- [30] No se Menciona Autor. “Plan de desarrollo sustentable”. Disponible en: <[http://www.epn.edu.ec/udc/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=201&Itemid=76](http://www.epn.edu.ec/udc/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=201&Itemid=76)> [Consulta enero de 2012].



- [31] unl.edu.ec. [Online]. Disponible en: <http://aeirmnr.unl.edu.ec/energia/index.php/investigacion.html> [Consulta enero de 2012]
- [32] No se menciona Autor. "La ciudad del conocimiento, La ciudad del conocimiento, Yachay". Disponible en: [http://www.municipiourcuqui.gob.ec/index.php?option=com\\_seyret&task=video\\_directlink&Itemid=8&id=5](http://www.municipiourcuqui.gob.ec/index.php?option=com_seyret&task=video_directlink&Itemid=8&id=5) [Consulta enero de 2012]
- [33] Havells-silvania. "Catálogo de productos" [Online]. Disponible en: [http://www.havells-sylvania.com/pdf/Fixtures\\_catalogue/Espanol/10\\_High%20Bay\\_Low%20Bay.pdfProveedor2](http://www.havells-sylvania.com/pdf/Fixtures_catalogue/Espanol/10_High%20Bay_Low%20Bay.pdfProveedor2) [Consulta enero 2012]
- [34] Edison.upc.edu. "Cálculo de Instalaciones de Alumbrado" [Online] Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>
- [35] General Electric. "Catálogo de productos modelo Maresa" [Online] Disponible en: [www.maresa.com/mar/catalogo.htm](http://www.maresa.com/mar/catalogo.htm)
- [36] Edison.upc.edu. "Cálculo de instalaciones de alumbrado" [Online]. Disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/calculos.html> [Consulta enero 2012]
- [37] Phillips. "Lámparas de descarga". [Online] Disponible en: [www.ylumsa.com.ar/images/Philips/SODIO%20T.pdf](http://www.ylumsa.com.ar/images/Philips/SODIO%20T.pdf) [Consulta enero 2012]
- [38] Cleanenergysolar.com. "Cálculo del consumo de agua caliente sanitaria" [Online] Disponible en: <http://www.cleanenergysolar.com/2011/11/08/calculo-del-consumo-de-agua-caliente-sanitaria/> [Consulta febrero 2012]
- [39] Foragua.org. "Gobierno Municipal de Loja"[Online] Disponible en: <http://www.foragua.org/mloja.html> [Consulta febrero 2012]
- [40] Construnario.com. "Tabla de niveles de iluminación" [Online]. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/27506/niveles%20de%20iluminaci%C3%B3n.pdf> [Consulta febrero 2012]
- [41] Goodleds. "Lámparas Industriales" [Online]. Disponible en: [http://www.goodleds.co/product.php?id\\_product=1345](http://www.goodleds.co/product.php?id_product=1345) [Consulta enero 2012]
- [42] Oxygenics.com. "Technology". [Online] Disponible en: <http://www.oxygenics.com/> [Consulta febrero 2012]



- [43] California fitness. [Online]. Disponible en: <http://www.californiafitness.com/hk/en/about-us.html> [Consulta enero 2012]
- [44] Humandynamo. [Online]. Disponible en: <http://www.humandynamo.com/> [Consulta enero 2012]
- [45] Plugoutfitnes. [Online]. Disponible en: <http://www.plugoutfitness.com/> [Consulta febrero 2012]
- [46] Tyconpower. [Online]. Disponible en <http://tyconpower.com/> [Consulta febrero 2012]
- [47] Pavegen.com [Online]. Disponible en: <http://www.pavegen.com/> [Consulta febrero 2012]
- [48] Zytecheroodyne. “Catálogo de Productos” [Online]. Disponible en: <http://www.zytecheroodyne.com/> [Consulta febrero 2012]
- [49] Capsolarcst. “Descripción del producto” [Online]. Disponible en: <http://www.capsolarcst.com/> [Consulta febrero 2012]
- [50] Loaiza, C. “Aprovechamiento de la energía humana: Estado del arte”. [Online]. Disponible en: [http://www.utpl.edu.ec/blogjorgeluisjaramillo/?page\\_id=2](http://www.utpl.edu.ec/blogjorgeluisjaramillo/?page_id=2) [Consulta marzo 2012].
- [51] Blechman, A. Braker, G. Chodnicki, B. DuBow, E. Pernia, K. Sy Matthew, T. Tucker, J. “A study of the benefits of retrofitting cardiovascular exercise equipment of a gym with human energy harvesting technology” University of Maryland. 2009.
- [52] Adam M. Gilmore. Human power: Energy Recovery from Recreational Activity, University of Guelph, Ontario N1G 2W1, Canadá. Disponible en línea: [http://www.soe.uoguelph.ca/webfiles/gej/articles/GEJ\\_001-008-016\\_Gilmore\\_Human\\_Power.pdf](http://www.soe.uoguelph.ca/webfiles/gej/articles/GEJ_001-008-016_Gilmore_Human_Power.pdf) [Consulta marzo 2012].
- [53] ibtimes.com. “Harnessing power to solve the crisis”. [Online]. Disponible en: <http://au.ibtimes.com/articles/275349/20120102/harnessing-human-power-solve-energy-crisis.htm> [Consulta marzo 2012]
- [54] Narayanan, K, Vigneshwar, V. Halka, M. Soloway, D. “Micro Renewable Energy Systems: Synergizing Technology, Economics and Policy”. Georgia Institute of Technology. 2010.
- [55] Inzunza, J. “Trabajo y Energía”. 149-151pp [Online] Disponible en: <http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap5.pdf> [Consulta marzo 2012]



- [56] Dean, T., 2008, The Human-Powered Home: Choosing Muscles Over Motors. New Society Publishers, Philadelphia, PA, pp. 64, Chap. 2.
- [57] Maha N. Haji, Kimberly Lau, and Alice M. Agogino. "Human power generation in fitness facilities". University of California, Berkeley. 2010.
- [58] Barois, R. Caverly, M. Marshal, K. "An investigation into using electricity harvesting elliptical machine as a renewable energy source" University of British Columbia. 2010.
- [59] J. Cawood, M. Egelston, C. Game, C. Harris, A. Hashimoto, W. Lewis, K. Mandrekar, B. Meyerholt, and D. Simons, —The Effectiveness of Energy Generating Exercise Equipment for Energy Conservation Education,|| [Online document], 2008 Jun 1, [cited 2010 Oct 18], Available HTTP: [http://cfpub.epa.gov/ncer\\_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/8085/report/F](http://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/8085/report/F) [Consulta marzo 2012]
- [60] Barois, R. Caverly, M. Marshal, K. "An investigation into using electricity harvesting elliptical machine as a renewable energy source" University of British Columbia. 2010.
- [61] Oñate, D. "Cálculo de sistemas fotovoltaicos". [Online]. Disponible en: <http://www.diegonate.es> [Consulta marzo 2012]
- [62] No se reconoce autor. "Energía solar fotovoltaica". [Online]. Disponible en: <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/energia-solar-fotovoltaica> [Consulta marzo de 2012].



## ANEXO 1



Ingeniería Verde  
de INNOVAHOME



PROFORMA DE PELICULAS SOLARES  
**POWERFILM**

Loja, 20 de abril de 2012

Ingeniería Verde  
de INNOVAHOME CIA. LTDA.



# Ingeniería Verde

de INNOVAHOME



## ANTECEDENTES

Ingeniería Verde de la persona jurídica INNOVAHOME Cia. Ltda. es una empresa legalmente constituida bajo las leyes y normativas de la Superintendencia de Compañías del Ecuador.

Está especializada en la prestación de servicios y elaboración de productos (hardware y software) destinados a eficiencia energética y la automatización en hogares y edificios. Pertenece a la incubadora de empresas Loja Valle de Tecnología, y está ubicada dentro del campus de la Universidad Técnica Particular de Loja.

En este contexto entendemos que una de las necesidades más importantes a cubrir en las empresas, organizaciones o clientes en general, es una adecuada, oportuna y profesional gestión de sus recursos, así como automatizar procesos mediante herramientas de hardware y software de una forma personalizada de tal manera que la satisfacción del usuario sea nuestro principal objetivo.

Es así que nuestra empresa se desempeña en las siguientes áreas:

- Eficiencia energética mediante el diseño e implementación de sistemas de ahorro energético y generación alternativa de energía.
- Domótica, a través del desarrollo de software y hardware de automatización de los recursos de un domicilio o un edificio.
- Seguridad, mediante el diseño e implementación de sistemas de video vigilancia, rastreo satelital.





# Ingeniería Verde

de INNOVAHOME



## RESUMEN

En el presente documento se detalla una propuesta de venta de películas solares.

En la actualidad el costo económico en la generación de energía eléctrica a través de medios convencionales y sobre todo el impacto ambiental que involucran, han sido un factor determinante en el desarrollo de fuentes renovables en la generación de energía eléctrica.

La energía proporcionada por el sol, como un recurso inagotable, es una de las fuentes de energía renovables más utilizada en diferentes aplicaciones.

Así bien, luego del desarrollo de los paneles solares con ciertas limitaciones en dimensiones y manejo, han dado lugar a la evolución de la tecnología solar con la aparición de la nueva generación en aprovechamiento de la energía solar a través de láminas solares.

Las láminas solares poseen ventajas muy considerables en relación a la primera generación de la tecnología solar de los paneles, una de sus características principales está ligada a la arquitectura, o geometría de la superficie sobre la cual se ubican las láminas, puesto que tienen mayor flexibilidad al ser instaladas.

Los dispositivos en la presente propuesta se seleccionaron de entre la oferta de la empresa PowerFilm de Estados Unidos. A continuación se detalla cada una de las características de los productos junto con un presupuesto general.



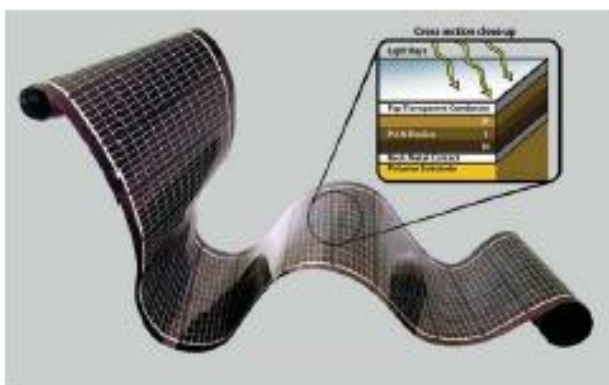
# Ingeniería Verde

de INNOVATIONE



## SOLARFILM

### Características y Funcionamiento



#### Características:

Cada unidad ha sido armada usando componentes de alta calidad, con los bordes sellados para protegerlos del agua, y se le incorporaron ojales para cerrarlos fácilmente.

- \* Voltaje de Operación: 15,4 V
- \* Corriente de Operación: 1,8 A
- \* Vatios (W): 28
- \* Peso: 0,82 kg
- \* Dimensiones enrollado: (101 x 101 x 368) mm
- \* Dimensiones desenrollado: (368 x 2025) mm

#### Ultra Enrollable

Los productos PowerFilm® son ultra enrollables debido a que son fabricados en rollos de hasta 2400 pies de largo, usando la tecnología patentada de manufactura denominada rollo-a-rollo, de Iowa Thin Film Technologies. Iowa Thin Film Technologies es la primera y única compañía en el mundo que vende productos solares fabricados en el verdadero proceso rollo-a-rollo usando un sustrato plástico.

#### Duradero

Los productos PowerFilm® están monolíticamente integrados, lo cual elimina la necesidad de realizar conexiones manuales de cada celda solar individualmente, propensas a dañar el conjunto. Los módulos están contruidos usando un polímero duradero de plástico (un sustrato).

#### Fácil de Integrar

Varios rasgos permiten integrarlos fácilmente: Perfil delgado como papel; Ultra flexibilidad capaz de adaptarse a las formas; Diseño del producto completo elimina la necesidad de usar marcos antiestéticos.





**Ingeniería Verde**  
de INNOVAHOME



El presupuesto general del presente proyecto se lo detalla a continuación:

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>			
<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
PowerFilm R-28 28w Rollable	4	675	2700
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2700</b>
Instalación, soporte y garantía técnica			300
Costos de envío hasta Ecuador			400
<b>SUBTOTAL IVA</b>			<b>3400</b>
IVA 12%			408
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>			<b>3808</b>

#### **PAGO Y TIEMPO DE ENTREGA**

- Para el inicio del trabajo propuesto se debe cancelar 50% de la inversión total a la firma del contrato y 50% del costo total de inversión previa a la firma de entrega y recepción de la obra.
- El tiempo de entrega final de aproximadamente 30 días a partir de la firma del contrato.

#### **POLÍTICAS Y GARANTÍAS**

- El estado de equipos: nuevos y con garantía técnica de 1 año.
- La vida útil de los módulos y de todos los dispositivos incluidos en esta oferta es de 10 años.



Ingeniería Verde  
de INNOVAHOME



#### VALIDEZ DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tiene una validez de 30 días a partir de la fecha de emisión de la misma. Seguros de contar con su favorable acogida, nos encontramos a su disposición.

Cualquier duda o información adicional estamos a las órdenes.

Atentamente,

Ing. David Aguirre Burneo  
Presidente INNOVAHOME CIA. LTDA.  
mobile: (+593) 87053562  
e-mail: [daquirre@ingenieriaverde.org](mailto:daquirre@ingenieriaverde.org)



## Anexo 2

### Método de Lúmenes o Factor de Utilización.

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de  $\pm 5\%$  y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación. Este método es utilizado para obtener una iluminación general y uniforme de un determinado espacio, estableciendo la cantidad de luminarias necesarias y el espaciamiento que debe existir entre ellas.

#### Cálculo del flujo luminoso total necesario.

La fórmula que vas a emplear es la siguiente:

$$\varphi_t = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

Dónde

$E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)

$\varphi_t$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (CU) y de mantenimiento (Cm), que se definen a continuación:

$C_u$  = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.



### Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_t}{\eta * \Phi_L}$$

Dónde:

NL = número de luminarias (Este valor es redondeado por exceso)

$\Phi_t$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

### Elección de la luminaria

Existe una serie de recomendaciones referentes a la elección del tipo de luminarias, separación y altura de montaje, tendentes a lograr la adecuación del diseño realizado a la geometría del local, a conseguir una buena uniformidad de distribución y a impedir la presencia de deslumbramientos molestos. Estas recomendaciones son:

#### a) Tipo de luminaria

- Altura del local hasta 4 (m) ..... Luminaria extensiva
- Entre 4 y 6 (m) ..... Semiextensiva
- Entre 6 y 10 (m) ..... Semiintensiva
- Más de 10 (m) ..... Intensiva

#### b) Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

- Altura mínima:  $h = 2/3 h'$
- Altura aconsejable:  $h = 3/4 h'$
- Altura optima:  $h = 4/5 h'$

La altura de las luminarias sobre el plano de trabajo se elegirá entre estos tres valores



teniendo en cuenta que a mayor altura de las luminarias necesitaremos mayor potencia instalada para lograr el mismo nivel de iluminación y que acercar las luminarias al plano de trabajo va en detrimento de la uniformidad. Para iluminación indirecta o semi indirecta, se tomará una altura de las luminarias sobre el plano de trabajo inferior a la altura óptima.

### Factor de Depreciación (d)

El factor de depreciación del servicio de la luminaria, mide la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria al final del periodo considerado para iniciar el proceso de mantenimiento.

Con el tiempo los equipos de iluminación acumulan polvo, las lámparas emiten menor cantidad de luz y el rendimiento visual en consecuencia es más bajo.

Algunos de estos factores pueden ser eliminados por medio del mantenimiento realizado a los equipos de iluminación. En la práctica para normalizar los efectos de estos factores, admitiendo una buena mantención periódica, podemos adoptar los siguientes valores del factor de depreciación:

Ambiente	Periodo de Mantenimiento		
	2500 Horas	5000 Horas	7500 Horas
Limpio	0.95	0.91	0.88
Normal	0.91	0.85	0.80
Sucio	0.80	0.68	0.57

Tabla 1. Factor de depreciación para diferentes áreas

### Índice del Local K

El índice del Local K depende de las dimensiones del recinto a ser iluminado y puede ser determinado a través de la ecuación:

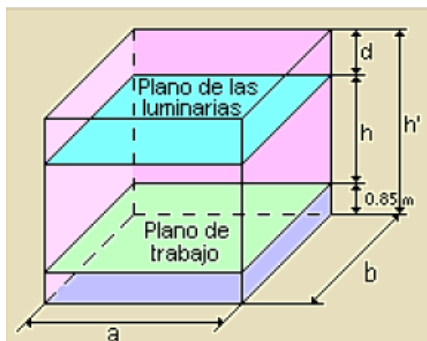


Fig. 1. Descripción para calcular K

$h$  : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

$h'$  : altura del local

$d$  : altura del plano de trabajo al techo

$d'$  : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Para luminarias predominantemente directas

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Dónde:

$a$  = ancho del local

$b$  = Largo del local

$h$  = Altura del local

### Factor de Utilización (h)

El factor de utilización del local, ó simplemente factor de utilización, mide la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso total emitido por las lámparas. Parte del flujo luminoso emitido por una lámpara es absorbido por la luminaria en la cual esta instalada y no contribuye al nivel de iluminación del local. El resto del flujo de la lámpara es





radiado una parte hacia arriba y otra hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pase por el centro de la lámpara.

La parte de flujo radiada directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía al nivel de iluminancia. Solamente una parte dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones.

El factor de utilización depende de:

- La distribución luminosa de la luminaria
- El rendimiento de la luminaria
- Las reflectancias del techo, paredes y piso
- El índice del local K
- La disposición de las luminarias en el local

Para cada tipo de luminaria, en las hojas de datos Fotométricos se dan los factores de utilización en función del índice de local y de las diferentes reflectancias de techo, paredes y piso representados por los valores 1 – 3 – 5 – 7 ó 0,1 - 0,3 – 0,5 – 0,7 que representan lo mismo.



## Anexo 3

### Iluminación Deportiva

#### Generalidades

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas ya sean interiores o exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Lógicamente, las exigencias variarán según el tipo de instalación (recreo, entrenamiento o competición) y el nivel de actividad (amateur, profesional o retransmisión por televisión).

#### Requisitos básicos

Al diseñar la iluminación de una instalación deportiva se deben tener en cuenta los requisitos y el confort de los siguientes usuarios: deportistas o jugadores, jueces o árbitros, espectadores y medios de comunicación.

#### Jugadores y árbitros

Los jugadores (deportistas) y árbitros (jueces) deben poder observar claramente todo lo que sucede en el área de juego para poder realizar la actividad deportiva en las mejores condiciones posibles.

#### Espectadores

Los espectadores deben poder seguir la actividad de los deportistas y la acción del deporte realizando el menor esfuerzo.

El entorno de visión debe ser agradable, lo que significa que no sólo se debe poder ver la pista o área de juego, sino también los alrededores inmediatos. La iluminación debe



ayudar al espectador a ingresar a la instalación deportiva y salir de ella de forma segura. Este aspecto de seguridad es muy importante para el público.

### **Criterios de iluminación**

Los criterios de iluminación más importantes para la iluminación deportiva son los siguientes.

#### **Iluminación horizontal**

El área iluminada donde se desarrolla la actividad deportiva es la parte principal del campo de visión de los deportistas y los espectadores, por lo tanto, la iluminancia en este plano horizontal al nivel del suelo sirve principalmente para establecer el estado de adaptación de la visión. Debido a eso, y debido a que el área de juego iluminada sirve como fondo visual, es importante que el mismo tenga una adecuada iluminancia horizontal para conseguir crear el contraste correcto con el fondo.

También es importante la iluminancia horizontal en las áreas de circulación, como por ejemplo la iluminación anti-pánico que se utiliza en caso de producirse un fallo en el sistema de iluminación normal, para asegurar el movimiento de los espectadores al ingresar y al salir del campo deportivo.

Las iluminancias medias recomendadas en la Tabla 1 son valores mantenidos. Es decir, son los valores que se deben alcanzar durante el periodo de operación de una instalación. Para alcanzar los valores iniciales requeridos, los valores mantenidos se deben multiplicar por el inverso del factor de mantenimiento ( $f_m$ ).



Grupo	Distancia máxima	Iluminancia		Uniformidad				IRC	T <sub>c</sub>
		Cámara principal	Cámara secundar.	Vertical		Horizontal			
				U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>		
<b>A</b>									
	25 m	500 lux	500 lux	0'4	0'5	0'3	0'5	65	4.000
	75 m	700 lux	500 lux	0'4	0'5	0'3	0'5	65	4.000
	150 m	1.000 lux	700 lux	0'5	0'6	0'4	0'6	65	4.000
<b>B</b>									
	25 m	700 lux	500 lux	0'5	0'6	0'3	0'5	65	4.000
	75 m	1.000 lux	700 lux	0'5	0'6	0'3	0'6	65	4.000
	150 m	1.400 lux	1.000 lux	0'6	0'7	0'4	0'6	65	4.000
<b>C</b>									
	25 m	1.000 lux	700 lux	0'5	0'6	0'4	0'6	65	4.000
	75 m	1.400 lux	1.000 lux	0'6	0'7	0'4	0'6	65	4.000
	150 m	n.a.	n.a.						

**Tabla 1.** Iluminación recomendada

### Iluminancia vertical

Es importante que exista un contraste suficiente a través del cuerpo del deportista para identificarlo. Esto se obtiene sólo si alcanza luz suficiente a los planos verticales, ya que esta iluminancia es esencial para reconocer objetos.

La iluminancia vertical se caracteriza por la magnitud y la dirección. Para los deportistas, es importante una iluminancia vertical desde todas las posiciones, mientras que para los espectadores y las cámaras que ocupan una posición determinada, se debe considerar sólo la iluminancia vertical hacia dichas posiciones. En el caso de las cámaras con distintas posiciones, se debe tener en cuenta la iluminancia vertical sobre los cuatro planos laterales del campo.

En la práctica, la iluminancia vertical requerida para deportistas y espectadores se obtiene automáticamente si se cumplen los requisitos de iluminancia horizontal. Por lo tanto, en la práctica, la iluminancia vertical, que se debe medir a una altura de 1'5 metros sobre el área de juego, es sólo un criterio de diseño cuando se considera la cobertura televisiva, ya que tiene una influencia mayor en la calidad de imagen.



La iluminancia vertical no sólo debe asegurar el reconocimiento de un deportista o la calidad de imagen, sino que los espectadores y deportistas puedan seguir fácilmente una pelota, aro, etc., que vuela sobre el campo de juego.

Los espectadores y las tribunas forman parte del medio visual de la cámara. Por lo tanto, para las tribunas también se debe crear una iluminancia vertical adecuada.

### **Uniformidad de iluminancia**

Es importante una buena uniformidad de iluminancia en los planos horizontales y verticales. Evita problemas de adaptación para jugadores y espectadores, y elimina la necesidad de ajustar continuamente las cámaras en las diferentes direcciones de la visión. Si la uniformidad no es suficientemente buena, existe la posibilidad (especialmente con cámaras de televisión) de que una pelota o jugador no se vea claramente en ciertas posiciones del campo.

La uniformidad se puede expresar como la relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia máxima ( $U_1$ ) o como la relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia media ( $U_2$ ).

Para que las cámaras puedan obtener las mejores condiciones visuales posibles, la relación entre la iluminancia media en el plano horizontal y la iluminancia media en el plano vertical debe, en general, mantenerse entre 0'5 y 2.

### **Deslumbramiento**

El deslumbramiento, que ocurre si un área de brillo molesto se aproxima o penetra en el campo de visión, produce un efecto molesto en la visión de los deportistas y espectadores.



El deslumbramiento se puede minimizar prestando cuidadosa atención en la elección de los proyectores o luminarias, y asegurándose que los mismos estén bien enfocados, teniendo en cuenta las principales direcciones de visión.

## Consideraciones de diseño

### Tipo de luminaria

#### Proyectores

Los proyectores se clasifican de acuerdo a su distribución de luz:

#### ***Proyectores circulares***

Existen dos tipos de proyectores circulares empleados en la iluminación deportiva por proyección:

- Con un haz simétrico en forma cónica. Pueden tener un haz estrecho o un haz ancho.
- Con un haz levemente asimétrico en el plano vertical. Pueden tener un haz estrecho, mediano, ancho y muy ancho.

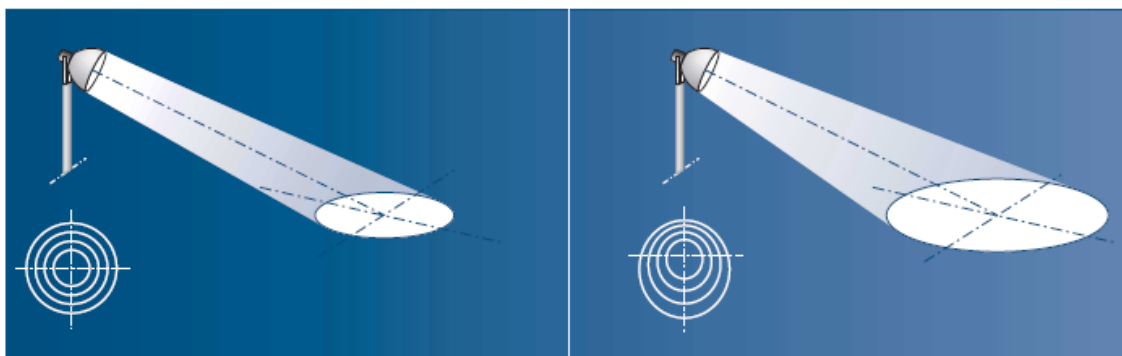


Fig.1. Proyectores circulares de forma cónica y con haz simétrico



### ***Proyectores rectangulares***

Existen dos tipos:

- a) Con distribución de luz simétrica en los planos horizontales y verticales. En el plano horizontal el haz es ancho, mientras que en el plano vertical puede ser ancho o estrecho.
- b) Con distribución de luz simétrica en el plano horizontal y distribución de luz asimétrica en el plano vertical. El haz horizontal es ancho.

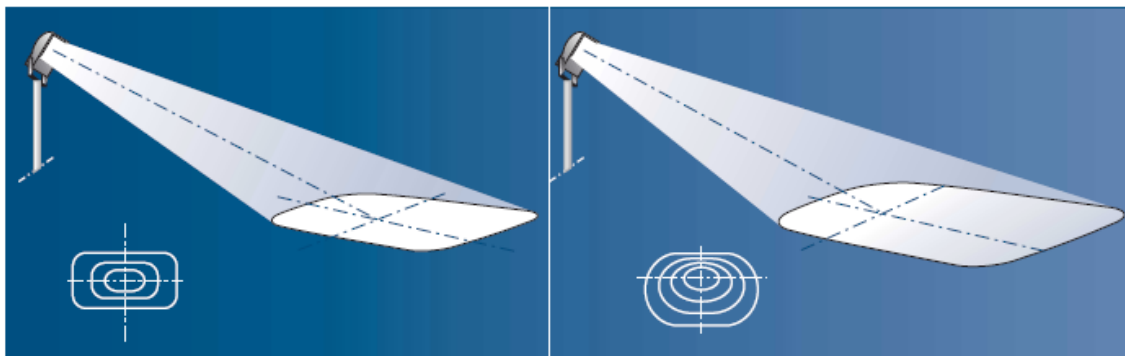


Fig.2. Proyectoros rectangulares

Los proyectores circulares requieren el uso de una fuente de luz más o menos concentrada, tal como un tubo de descarga corto de una lámpara de descarga de alta intensidad. Cuando no se enfoca verticalmente hacia abajo, el haz cónico emite un modelado de luz elíptica o casi elíptica sobre el campo.

Los proyectores rectangulares se utilizan junto con fuentes lineales tales como lámparas de descarga tubulares y halógenas. El haz con forma de abanico produce sobre el área donde se practica la actividad deportiva un modelo de luz muy trapezoidal

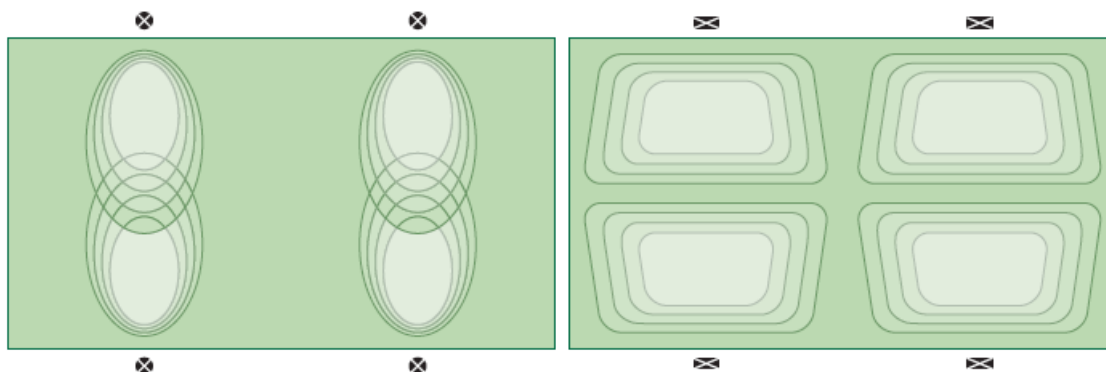


Fig. 3. Distribución de la Iluminación utilizando proyectores circulares y rectangulares

### Diseño de iluminación

### Cálculos de iluminación

Es muy común en la práctica utilizar programas de ordenador (Calculux) para diseñar instalaciones de iluminación deportiva. Los resultados del programa muestran los valores cuantitativos de la mayoría de los parámetros, tales como iluminancias verticales y horizontales, relaciones de uniformidad e índices de deslumbramiento.

### Orientación y ubicación del proyector.

Los cálculos realizados por el ordenador suponen que pequeños grupos de proyectores en una red están ubicados en un solo punto, es decir, en el centro del grupo. Dichos cálculos son generalmente lo suficientemente exactos para aplicaciones generales. Sin embargo, cuando existen grandes grupos de proyectores y el espaciado entre las unidades exteriores es considerable, tal presunción puede resultar inexacta en el enfoque. En dichos casos, se determina para cada pequeño grupo de proyectores un punto de referencia.



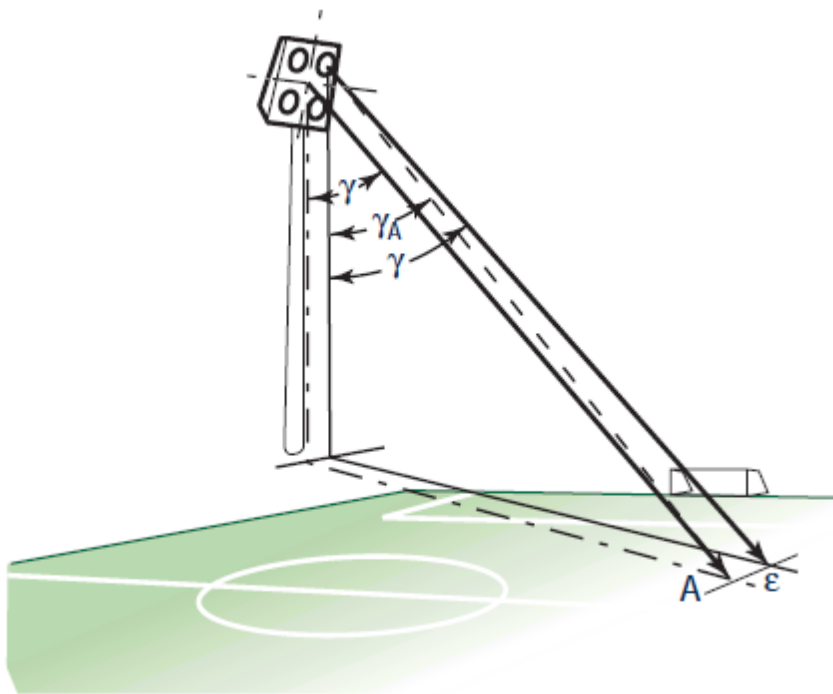


Fig. 4. Error de cálculo en ubicación y orientación del proyector

### Matriz de cálculo

Como la distancia entre los puntos de la matriz es relativamente pequeña, el valor que se muestra en cada punto representa el área que rodea dicho punto. Los tamaños de matriz comúnmente empleados son:

- de 1 a 2 m.: Para pequeñas áreas de juego.
- de 5 m.: Para fútbol, hockey o rugby.

Para especificar las iluminancias horizontales, la matriz debe estar a nivel del suelo, mientras que para especificar las iluminancias verticales generalmente está a 1'5 m. sobre dicho nivel.



### Niveles de Iluminancia Vertical Mínimos

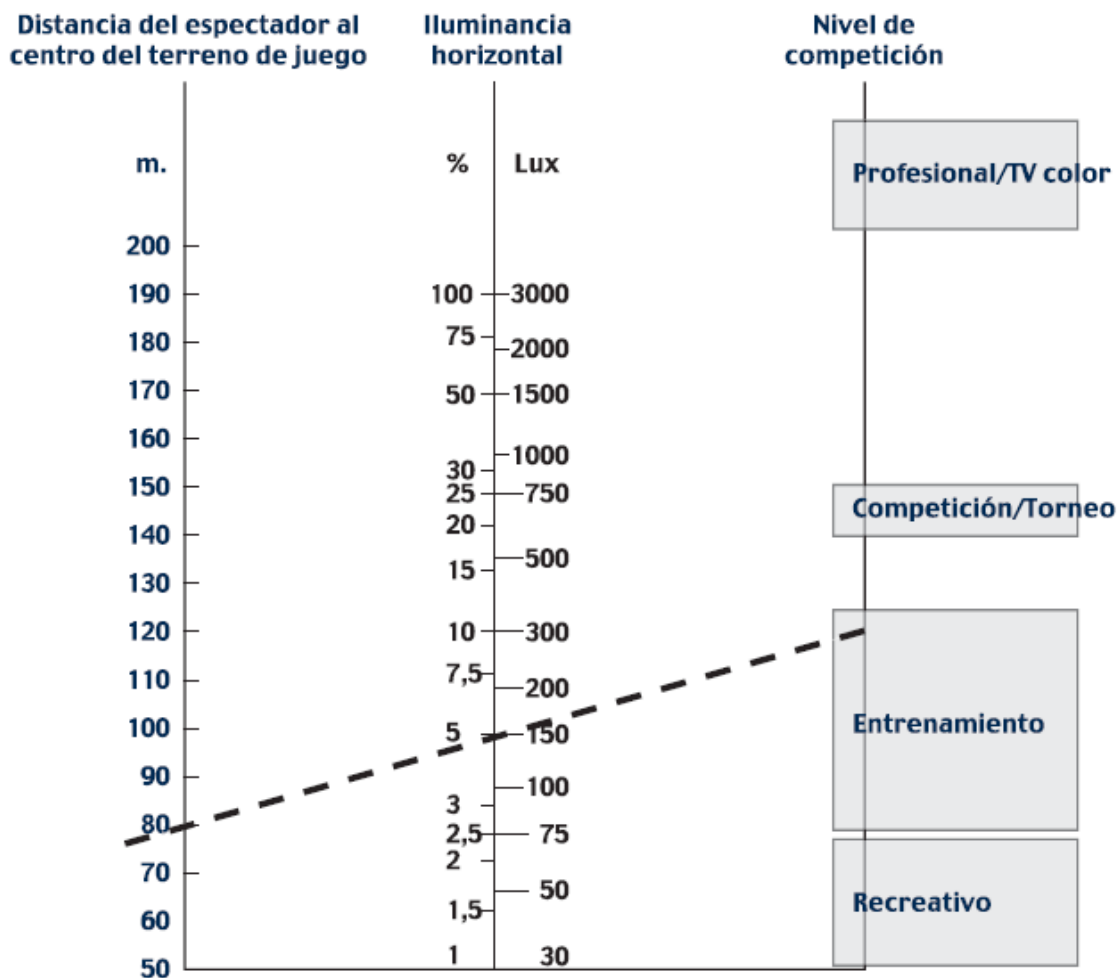


Fig. 5. Niveles de iluminancia vertical mínimos

La iluminancia vertical se caracteriza no sólo por su magnitud, sino incluso por su dirección. La iluminancia vertical se considera en un plano vertical en ángulo recto con la línea de visión del observador

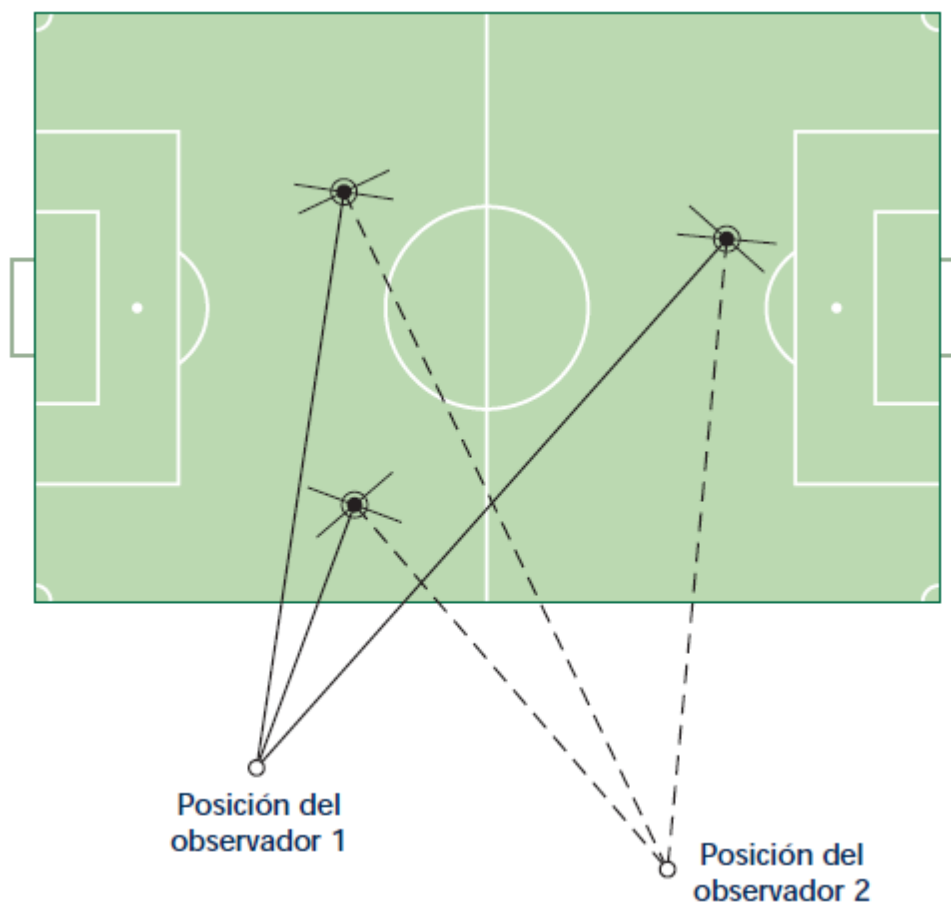


Fig. 6. Línea de visión del observador

### Deslumbramiento

El deslumbramiento no debería ser molesto con tal de que:

- Se usen proyectores con preciso control de luz y sean correctamente apuntados.
- Los proyectores se monten lejos de las direcciones de observación importantes. Los ángulos de montaje medidos desde el centro del campo deberían ser mayores de  $20^\circ$  sobre la horizontal.
- Se use el menor número de grupos de proyectores o una disposición en sólo una línea. El número de grupos en cualquiera de los lados del campo no debería ser mayor que 4.



d) La iluminancia en el campo de visión (el cual incluye el campo y las áreas opuestas de espectadores) sea tan alta y tan uniforme como sea posible, consecuente con evitar demasiada iluminancia en los ojos de los espectadores. En la práctica esto significa que la media de la iluminancia en los planos verticales a la altura de los ojos de los espectadores de enfrente no debería ser mayor que la mitad del valor medio en la vertical sobre el campo, y preferiblemente no más de  $1/3$ .

Si estos requisitos son satisfechos, el tamaño y la luminosidad de las fuentes individuales y el número de proyectores en cada grupo no es muy importante con respecto al deslumbramiento; ellos tienen más efecto en la iluminancia sobre el campo. La experiencia ha demostrado que el deslumbramiento desde una instalación correctamente planificada no se incrementa cuando se aumenta la iluminancia.

# Harvesting de energía en el nuevo polideportivo del Campus San Cayetano de la UTPL

G. Armijos, J. Jaramillo

**Abstract—** Como parte de un proyecto transdisciplinario en el UTPL, este trabajo describe la metodología aplicada para identificar potenciales fuentes de energía no convencional (renovable), que a través del harvesting de energía permitan abastecer de energía a los diversos procesos del polideportivo de la institución.

**Keywords—** desarrollo sustentable, energía renovable, harvesting de energía, gestión energética de un campus universitario, harvesting de energía en polideportivos.

## I. INTRODUCCIÓN

La escala en la demanda de energía llevó al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, y, derivó en un aumento de la concentración de contaminantes. Frente a esto, el uso de energías renovables se constituye en una inmejorable alternativa energética, cuya gestión eficaz proporcionará a la población, en el mediano y largo plazo, grandes ventajas comparativas, tanto a nivel económico, social, y, ambiental[1].

En 1989, la Universidad de California en Los Ángeles, UCLA, marcó un precedente al introducir el concepto de “valoración del impacto ambiental” en la gestión y operación de su campus. Como resultado, se formuló una política institucional con visión ambiental.

Este fue el punto de partida para lo que, en los años noventa, se denominó “ambientalización de la universidad”. Muchas universidades, internacionalmente reconocidas, incluyeron prácticas medioambiente-amigables en su gestión, como la Universidad de Wisconsin y su *Programa de Ecología del Campus*, y, la Universidad de Brown y su *Proyecto Brown Verde*. Estas iniciativas propiciaron la firma de acuerdos universitarios con el compromiso de desarrollar políticas para definir y promover la sustentabilidad en la Educación Superior.

El cambiar paradigmas es un reto inherente a la educación. Por eso, las universidades no pueden limitarse a perfeccionar las capacidades técnicas del recurso humano, sino que deben actuar como catalizadores del cambio de pensamiento, a través de la investigación y la demostración. Se exige que la comunidad universitaria valore la huella ecológica del campus, proponga un modelo de eficiencia energética, y, planifique y administre el uso adecuado de las distintas formas de energía, en forma sistemática [2].

A partir de enero de 2012, en la Universidad Técnica Particular de Loja, Campus San Cayetano, se conformó un

grupo de trabajo transdisciplinario, cuyo objetivo fundamental es el de referir las mejores prácticas en el aprovechamiento de energía renovable (no convencional) a ser consideradas en la planificación y construcción de la infraestructura de la ampliación del Campus. Se prevé a futuro la incorporación de algunas de estas prácticas a la operación de la infraestructura actual del Campus.

Este trabajo recoge la línea base obtenida al documentar las distintas experiencias universitarias en la incorporación del uso de energía renovable (no convencional) en la gestión y operación, al validar distintas opciones de energía renovable potencialmente aplicables en el Polideportivo de la UTPL, y, al diseñar un módulo experimental de películas solares.

## II. ENERGÍA RENOVABLE Y GESTIÓN SUSTENTABLE DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

### A. La visión global sobre el compromiso universitario en la gestión eficiente de energía

En distintos foros internacionales se ha resaltado la importancia de una educación para la sostenibilidad, desde y hacia el ámbito universitario. Dentro de este marco se han suscrito varias declaraciones y acuerdos entre los principales directivos de las universidades más reconocidas en el mundo.

La *Declaración de Talloires*, firmada en Francia en 1990 por 21 delegados de universidades de todo el mundo, fue la primera declaración sobre la necesidad de construir un futuro ambientalmente sostenible desde el ámbito de la educación superior. En su parte medular, la declaración compromete a los firmantes (y a los que se han adherido posteriormente) a incentivar a la universidad para que se comprometa con la educación, la investigación, la formación de políticas, y, con los intercambios de información en temas relacionados con población, medio ambiente, y, desarrollo. y así alcanzar un futuro sostenible. La declaración prevé el impulso de acciones concretas desde el interior de la universidad, y, la búsqueda de sinergia con la empresa, el estado, y, las organizaciones supranacionales [3].

La *Declaración de Halifax*, firmada en Canadá en diciembre de 1991 por 33 rectores de universidades provenientes de 10 países, define el rol de las universidades en la conservación del medio ambiente y la construcción de un desarrollo sostenible. La declaración propone un plan de acción para el diseño de estrategias prácticas, y, enfatiza la importancia de la educación, de la capacitación, de la investigación, y, de la disponibilidad de información; pero sobre todo valora el

trabajo interdisciplinario, y, resalta la actitud proactiva que han de tener las universidades en el contexto del desarrollo sostenible [4].

La **Declaración de Río**, firmada en Brasil en junio de 1992, reafirma los compromisos adquiridos en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. En la Declaración de Río se establece una alianza equitativa (mediante la creación de niveles de participación) entre los estados, los sectores sociales, y, los industriales, procurando alcanzar acuerdos internacionales en búsqueda de resguardar la integridad del medio ambiente y lograr el desarrollo mundial [5].

La **Declaración de Swansea**, firmada en Gales en agosto de 1993 por 400 delegados de instituciones de educación superior delegados miembros de la Association of Commonwealth Universities, en el marco de la **Conferencia Gente y Medio Ambiente- Preservando el Balance**, propone establecer y diseminar un claro enfoque del desarrollo sustentable, fortalecer la capacidad de las universidades para enseñar e investigar los principios del desarrollo sostenible, incrementar la información ambiental, y, fortalecerla ética ambiental [6].

En la **Declaración de Kioto**, firmada en Japón en noviembre de 1993 por 90 líderes la Asociación Internacional de Universidades, en el marco de la **Conferencia Desarrollo Sostenible**, hace un llamado a las universidades para establecer y diseminar un claro entendimiento del desarrollo sostenible, utilizando todos los recursos a su alcance, y, reconociendo la significativa interdependencia de las dimensiones internacionales del desarrollo sostenible[7].

La **Declaración de Barbados**, resultado de una actividad promovida por la ONU y realizada en Bridgetown en 1994, establece la necesidad de fortalecer la educación, la capacitación, y, el desarrollo de habilidades para hacer frente a los retos que plantea el desarrollo sostenible en las pequeñas islas [8].

La **Declaración de Thessaloniki**, firmada en Grecia en 1997, en el marco de la **Conferencia Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Conciencia Pública para la Sostenibilidad**, señala a la educación y a la capacitación como pilares de la sostenibilidad, y, hace un llamado a los gobiernos, a la administración pública, a la comunidad científica, a las universidades, y, a las industrias, para que prioricen la educación y trabajen en el fortalecimiento de los sistemas educativos para enseñar sobre desarrollo sostenible [9].

La **Declaración de Lüneburg**, firmada en Alemania en octubre de 2001, propone la unión de esfuerzos de las instituciones de educación superior, de las organizaciones no gubernamentales, de los stakeholders, de los gobiernos, y, de las Naciones Unidas y de la UNESCO, para afrontar los retos que el desarrollo sostenible plantea a la educación en general y a la educación superior en particular [10].

La **Declaración UBUNTU**, presentada en la **Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible**, celebrada en

Sudáfrica en el 2002, propone unir esfuerzos para trabajar en el desarrollo sostenible y movilizar al sector educativo para contribuir a ello [11].

### *B. La energía renovable en el campus universitario: el caso de las universidades latinoamericanas*

La experiencia latinoamericana en la gestión sustentable del campus universitaria es reciente y diversa.

La **Universidad Nacional de la Plata**, en Argentina, desde el 2008 cuenta con un plan estratégico de Desarrollo Sustentable, que diagnostica y prevé estrategias metodológicas para el desarrollo urbano-ambiental [12].

La **Universidad Nacional de Colombia**, tiene un Plan de Desarrollo que incluye la creación de una Reserva de Biosfera (iniciativa adoptada por el Municipio de Bogotá en 1994). La universidad propone la educación ambiental, y, el reordenamiento de tendencias del desarrollo [13].

En México, el plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior, analiza escenarios posibles y plantea la el desarrollo sostenible como el resultado de una adecuada educación, de una investigación acorde, y, de una honesta operación [14]. La iniciativa la ciudad universitaria y la energía(2005), de la Universidad Nacional Autónoma de México, apunta a diseñar y desarrollar de manera integral infraestructura, tecnología, y, cultura para transformar el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de la energía y en un aula de enseñanza del tema. Se pretende convertir el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de las diferentes formas de energía necesarias. Para lograr estos objetivos, la iniciativa se sustenta en seis líneas de investigación: energía solar, energía de biomasa, energía del hidrógeno, diagnóstico y ahorro de energía, utilización y ahorro de energía, y, cultura energética [15].

La **Universidad Nacional de Chile** ha desarrollado un marco conceptual y crítico sobre el desarrollo sustentable en la región, impulsando una serie de de investigaciones sobre la evolución energética y el impacto ambiental [16].

La **Universidad de Buenos Aires** posee un programa interdisciplinario en energías sustentables, que analiza e investiga el cambio climático y sus consecuencias en el medio ambiente, determinando los potenciales recursos naturales que pueden ser empleados para frenar el impacto al medio ambiente [17].

En Guatemala, adjunto al **Zamorano** funciona el Centro Zamorano de Energía Renovable (CZER). El CZER realiza investigación y capacitación en el área de generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, hídrica, eólica, biomasa. Otro punto de interés del CZER es la producción de biocombustibles y biogás, a partir de residuos orgánicos. En el futuro, el CZER pretende expandir su capacidad de investigación y aplicación a otras tecnologías, como la energía

geotérmica, la mareomotriz, y, experimentar con nuevos métodos de almacenamiento de energía [18].

El programa *Joint European – Latin American Universities Renewable Energy Project* (JELARE), impulsa un esquema de cooperación entre universidades de Alemania, Letonia, Bolivia, Brasil, Chile, y, Guatemala, con el objetivo de promover enfoques innovadores en el mercado de trabajo orientado a la educación y a la investigación en el campo de las energías renovables en América Latina, y, en los institutos de enseñanza superior europeos [19].

#### C. La energía renovable en el campus universitario: el caso de las universidades ecuatorianas

En el Ecuador, el marco jurídico existente respalda y obliga a las universidades en la ejecución de programas formativos, de investigación, y, de demostración, que permitan cambiar el paradigma social en relación a la energía.

Así, la Constitución vigente, en su artículo 3, inciso 5, señala como deberes del Estado “*planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir*”. Ese mismo documento, en la sección quinta referente a la educación, en el artículo 27 proclama que “*la Educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar*”. En el capítulo noveno, artículo 8, inciso 6, referente a las responsabilidades de los ecuatorianos, se establece la obligatoriedad de “*respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible*”[20].

La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), en el artículo 8, incisos a y f, propone como fines de la Educación Superior al despliegue de la producción científica, y, a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas. También se señala que la Educación Superior debe “*fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional*” [21].

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, ente rector del área de interés de este trabajo, como uno de sus objetivos plantea “*el desarrollar proyectos de marco legal y reglamentario para la aplicación de energías renovables y biocombustibles*” [22].

En este marco, algunas universidades han propuesto iniciativas relacionadas a las energías renovables (no

convencionales), sin llegar a incluirlas en la gestión del campus universitario.

La *Escuela Politécnica del Litoral*, a través del Centro de Desarrollo Sustentable, se ha propuesto impulsar el desarrollo de tecnologías sostenibles, combinando perspectivas técnicas, ambientales, y, socioeconómicas que incluyan una transferencia efectiva y aplicada a la comunidad [23].

La *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, a través de la Escuela de Geografía, lleva adelante programas de investigación en estudios ambientales, desarrollo sustentable, y, ordenamiento territorial [24].

La *Escuela Superior Politécnica Nacional* impulsa proyectos enfocados en el desarrollo sostenible, con el objeto de desarrollar conciencia científica y medio ambiental [25].

La *Universidad Nacional de Loja (UNL)*, en convenio con el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), impulsa el “*Programa de Desarrollo de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética en la región sur del Ecuador*”, cuyos resultados finales se esperan para el 2013 [26].

En la *Universidad Técnica Particular de Loja*, desde 2009 se introdujo el concepto de eficiencia energética, mejorando el desempeño de los circuitos de fuerza y logrando una considerable reducción del consumo de energía eléctrica. En el año 2010 se diseñó e implementó un sistema híbrido termosolar – GLP, para proveer de agua caliente sanitaria a la Cafetería de la universidad. En el año 2011, se iniciaron los procesos de preparación para acceder a una certificación ISO FDIS 50001 de eficiencia energética.

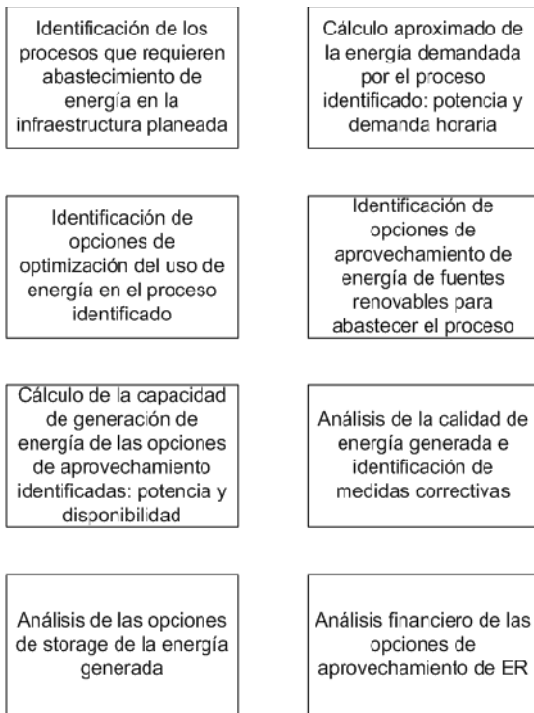
El *gobierno actual* ha propuesto la creación de la “*Ciudad del Conocimiento – Yachay*”, que entre otros objetivos, buscará la I+D+D en temas afines a las energías renovables (no convencionales), buscando el compromiso con la sustentabilidad, la sostenibilidad de los recursos, y, las generaciones futuras [27].

### III. INVENTARIO PRELIMINAR DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE POTENCIALMENTE UTILIZABLES PARA ABASTECER LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL NUEVO POLIDEPORTIVO DE LA UTPL

#### A. Metodología aplicada

La metodología aplicada para esta evaluación, se describe en la Fig.1. En esta primera fase, se consideraron los cuatro primeros pasos metodológicos.

Primero, sobre la base de los diseños de la infraestructura futura, se plantea *identificar todos aquellos procesos que necesitan ser abastecidos de energía*.



**Fig. 1.** Metodología de trabajo propuesta para la evaluación y selección de fuentes de energía renovable de potencial aplicación en el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborada por los autores.

Considerando como referencia aspectos técnicos y económicos de la infraestructura planeada o de la ya existente, se **calcula la demanda de energía** para cada uno de los procesos identificados.

El tercer paso, busca **optimizar la demanda de energía**, introduciendo referencias sobre mejoras tecnológicas u operativas que disminuyen el consumo de energía.

Conociendo los valores optimizados de demanda y las curvas de demanda horaria, para cada uno de los procesos, se realiza un inventario de **fuentes de energía renovables** potencialmente utilizables, de entre las cuales se selecciona un grupo en base al criterio del equipo de trabajo.

### **B. Procesos que requieren de abastecimiento de energía en el nuevo polideportivo**

La identificación de procesos a ser abastecidos con energía en el nuevo polideportivo (ver Fig.2), se basó en los diseños preliminares. Se consideraron interiores y exteriores de la infraestructura, y, se clasificó a los procesos en cuatro grupos: iluminación interior del polideportivo, iluminación externa de espacios deportivos, circuitos de fuerza, y, provisión de agua caliente sanitaria.

La **iluminación interior del polideportivo**, considera la necesidad de energía para iluminar dentro el área deportiva cubierta, las sala de gimnasio, los pasillos, los baños, los vestidores, y, las áreas de descanso.

La **iluminación exterior de espacios deportivos**, incluye la iluminación del estadio de fútbol, y, de las canchas multipropósito.

Los **circuitos de fuerza**, consideran el aprovisionamiento de energía en las tomas interiores del polideportivo, orientadas exclusivamente a equipos electrónicos de baja potencia. Las tomas de fuerza de equipos de mantenimiento se manejan por separado y no son parte de este proyecto.

La **provisión de agua caliente sanitaria**, incluye la piscina y las duchas en zona de camerinos. En este grupo también se integra el uso potencial de las aguas lluvias, y, la reutilización de aguas grises como una forma de storage de energía.

### **C. Aproximación de la demanda de energía**

La proyección de la demanda de energía requerida para cada uno de los procesos, incluye la referencia de aspectos técnicos y económicos de la infraestructura planeada, o, de la ya existente.

Con elemento básico de la infraestructura de implementar, se considera que en su diseño se incluye el uso eficiente de luz natural, lo que reduce el consumo energético y contribuye a un mejor aprovechamiento de las soluciones a proponer.

### **Iluminación interior del polideportivo**

La proyección de la demanda de energía en iluminación en el nuevo polideportivo, parte del cálculo del consumo de energía en iluminación del polideportivo actual.

En el **área deportiva cubierta actual**, se utiliza 18 lámparas de 250 W (de 22300 lúmenes de flujo luminoso) [28] para iluminar un área de 300 m<sup>2</sup>. La potencia total instalada en iluminación es de 4.500 W.





Fig. 2. Vista general de la infraestructura proyectada para el nuevo polideportivo de la UTPL. Elaborado por UDIA, septiembre de 2008.

El *área deportiva cubierta a construir* consta de dos bloques. El primero, ubicado en la esquina inferior derecha de la Fig. 2, posee un área de 600 m<sup>2</sup>. De acuerdo al método de lúmenes para espacios interiores [29], esta área requiere el uso de 36 lámparas (22.300 lúmenes), de 250 W. La potencia total instalada es 9.000 W.

El segundo bloque, ubicado en la esquina superior izquierda de la Fig. 2, posee un área de 1853 m<sup>2</sup> que requiere del uso de 66 lámparas (22.300 lúmenes), de 250 W de potencia. La potencia total instalada es de 16.500 W.

El *gimnasio actual* posee un área de 160 m<sup>2</sup>, iluminados a través de 8 luminarias del tipo fluorescente de 40 W, de 2.450 lúmenes de flujo luminoso [30], con una potencia instalada de 320 W.

El *nuevo gimnasio* ocupará un área de entre 150 y 300 m<sup>2</sup>. La iluminación media para este espacio se estimó en 300 lux/m<sup>2</sup>. Los cálculos realizados determinan que para iluminar este espacio es necesario utilizar entre 36 y 72 luminarias de 40 W, con una potencia total instalada de 1440 a 2880 W.

En el actual polideportivo, no existen referencias válidas para proyectar el consumo de energía en iluminación de pasillos, baños, vestidores, y, áreas de descanso.

En base al diseño del nuevo Polideportivo, el área total a *iluminar en baños* se estimó en 75 m<sup>2</sup>, con el uso de 22 luminarias de 2.450 lúmenes, de 40 W; con una potencia total instalada de 880 W.

En base al diseño del nuevo Polideportivo, el área total a *iluminar en vestidores* se estimó en 40 m<sup>2</sup>, con el uso de 8 luminarias de 2.450 lúmenes, de 40 W; con una potencia total instalada de 320 W.

En la tabla 1, se resume las potencias totales proyectadas a instalar en el nuevo Polideportivo.

Tabla 1

Aproximación de la demanda de energía en iluminación interior del nuevo polideportivo de la UTPL.

Zona	Cantidad	Potencia Total, W
Primer bloque	1	9.000
Segundo bloque	1	16.500
Gimnasio	1	1.440
Cuartos de Baño	2	320
Vestidores	2	320
Duchas	1	560
<b>TOTAL</b>		<b>28.140</b>

### Iluminación exterior de espacios deportivos

La escasa *iluminación de los espacios deportivos no cubiertos actuales*, obligó a proyectar la demanda de energía en iluminación externa del nuevo campus a través de métodos de cálculo convencionales.

La *cancha de fútbol proyectada* mide 90 m x 45 m. La iluminación para este espacio se calculó utilizando el método de los lúmenes o también denominado factor de utilización [31]. Por disposiciones generales de iluminación, las luminarias se ubicarán en los costados de la cancha (ver Fig. 3). El nivel de competencia será de tipo amateur, por lo que el

nivel de iluminación será considerado medio. El cálculo de la iluminación determinó que para garantizar un nivel de iluminación medio de 500 luxes / m<sup>2</sup>, se requiere utilizar un arreglo de 12 lámparas de vapor de sodio de alta presión, de 250 W y de 28.000 lúmenes de flujo luminoso dispuestas en grupos de 6 luminarias por lado, a una altura de 8 metros [32]. La potencia total requerida para iluminar la cancha de fútbol se calculó en 3.000 W.

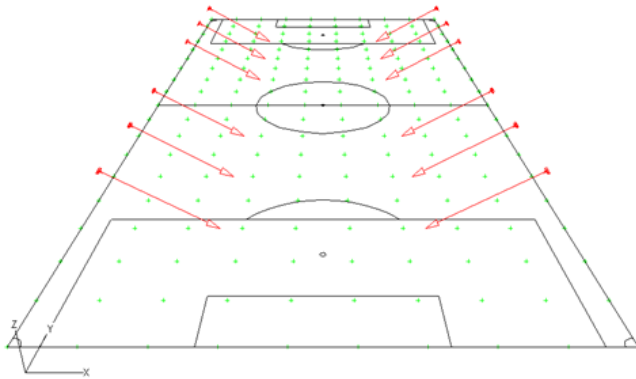


Fig. 3. Esquema de iluminación para la cancha de fútbol proyectada.

Mediante la simulación en el programa Calculux, se obtuvo que la iluminación promedio de la cancha sería de 501 luxes / m<sup>2</sup>, lo que cumple con la norma.

En la tabla 2 se muestra un resumen del consumo de energía proyectado para la iluminación exterior de áreas deportivas, en el nuevo Polideportivo.

Tabla 2

Aproximación de la demanda de energía en iluminación exterior de espacios deportivos del nuevo polideportivo de la UTPL.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Cancha de Fútbol	3000	1	3.000
<b>TOTAL</b>			<b>3.000</b>

### Circuitos de fuerza

En el *polideportivo actual* existen circuitos de fuerza en el área de gimnasio, boletería, y, cabina de control de equipos. En un estudio realizado por el Grupo de Electricidad y Sistemas Electrónicos de la UTPL, en marzo de 2008, se determinó una demanda máxima en estos circuitos del orden de los 2.500 W.

En el *nuevo Polideportivo*, la demanda de energía provendrá principalmente de un tablero electrónico (1.000 W), dos proyectores (166 W), los equipos de audio y otros en la cabina de control (2.000 W). La tabla 3 resume el consumo esperado en los circuitos de fuerza

Tabla 3

Aproximación de la demanda de energía en los sistemas de fuerza del nuevo polideportivo de la UTPL.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Marcador Electrónico	1000	1	1.000
Proyectores	88	2	176
Cuarto de Control	2000	1	2.000
<b>TOTAL</b>			<b>3.176</b>

### Provisión de agua caliente sanitaria

El *actual polideportivo* no cuenta con provisión de agua caliente sanitaria. Por esta razón, la proyección de energía requerida para cubrir este rubro en el *nuevo polideportivo*, se basó en el consumo medio estimado de agua por persona recomendado en la bibliografía [33], equivalente a 24 litros diarios. Considerando un promedio de 500 usuarios diarios, el volumen de agua requerido en el polideportivo, es del orden de los 12.000 litros.

En la ciudad de Loja, la temperatura promedio del agua es de 16 °C [34], mientras que, para efectos de este proyecto, se fijó la temperatura de entrega del agua en 24 °C.

La energía requerida para elevar la temperatura del agua, se calculó utilizando la expresión (1):

$$Q = V * \rho * \Delta t * Ce \quad (1)$$

En dónde,

- Q, es la transferencia de energía en forma calorífica, KJ
- V, es el volumen de agua a calentar, l
- $\rho$ , es la densidad del agua, Kg / l.
- $\Delta t$ , es la diferencia de temperaturas, °C
- Ce, es el calor específico del agua en estado líquido, 4.1813 KJ/ (Kg \* °C)

El resultado, expresado en KJ, se transformó a KWh. La energía requerida para calentar los 12.000 litros de agua requerida en las duchas del polideportivo, es del orden de los 112 KWh. Para calentar el agua de la piscina, se requieren 5812 KWh de energía. Es necesario acotar que para mantener la temperatura del agua de la piscina, también se debe temperar el agua de reposición; este cálculo se detallará en trabajos posteriores. La tabla 4 resume la energía requerida para dotar de agua caliente sanitaria al polideportivo.

Tabla 4

Aproximación de la demanda de energía para provisión de agua caliente sanitaria en el nuevo polideportivo de la UTPL.

Rubro	Energía total, KWh
Duchas	112
Piscina	5.812
<b>TOTAL</b>	<b>5.823</b>

#### D. Optimización de la demanda de energía

En este apartado, se analizó las posibilidades de optimizar el uso de energía en el nuevo polideportivo, partiendo de la proyección de energía a utilizar.

##### Optimización del uso de energía en iluminación interior del polideportivo

En la iluminación de espacios cerrados, el nivel de iluminación se establece en función de la actividad que se realiza [35]. El área deportiva bajo cubierta en el polideportivo, se utiliza principalmente como cancha de baloncesto, y, la norma sugiere un nivel de iluminación de 500 luxes.

El *polideportivo actual* posee una iluminación no homogénea, cuyo valor promedio es de 841 luxes (dato de campo). Existe una excelente posibilidad de optimizar el número de lámparas y/o homogeneizar la intensidad luminosa.

Otra oportunidad de optimización del consumo de energía, es el uso de luminarias tipo LED. La tabla 5 presenta un análisis comparativo del consumo de energía del sistema de iluminación instalado en el polideportivo actual, y, el consumo en un sistema LED con luminarias de 120 W de potencia y 12.000 lm [36]. El uso del sistema LED, aumenta el número de luminarias, pero disminuye la potencia actual instalada en un 20%.

**Tabla 5**

Comparación de consumo de energía de diferentes sistemas de iluminación interior para el polideportivo actual.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Sistema actual	250	18	4.500
Sistema LED	120	30	3.600

El área deportiva bajo cubierta prevista en el nuevo polideportivo, ocupa un área 4 veces mayor a la actual. Por esta razón, se realizó una aproximación lineal de consumo de energía a 18.000 W para un sistema convencional, y, 14.400 W para un sistema LED.

##### Optimización del uso de energía en iluminación exterior de espacios deportivos

Como opción para optimizar el consumo de energía en la iluminación de la cancha de fútbol, se comparó el sistema habitual con otro basado en tecnología LED. La tabla 6, muestra los resultados. La potencia instalada se reduce en un 20%.

**Tabla 6**

Comparación de consumo de energía de diferentes sistemas de iluminación exterior para el nuevo polideportivo.

Tipo de luminaria	Potencia individual, W	Cantidad	Potencia total, W
Sistema con luminarias de vapor de sodio	250	12	3.000
Sistema LED	200	12	2.400

##### Optimización del consumo de energía en los circuitos de fuerza

La optimización del consumo de energía en los circuitos de fuerza no fue considerada, ya que el consumo de energía depende de factores externos y no controlables.

##### Optimización del consumo de energía para provisión de agua caliente sanitaria

Se tomaron en consideración elementos que disminuyen o controlan el consumo de agua. Para los cuartos de baño se podría utilizar duchas con sistemas de oxigenación que aumentan la velocidad del agua [37], que proporcionan un ahorro entre el 20 y el 70% de agua, en comparación a las duchas tradicionales

#### E. Fuentes de energía renovable no convencional de potencial uso en el nuevo polideportivo

Aproximada y optimizada la demanda de energía, se elaboró una selección de fuentes de energía renovable no convencional de potencial uso en el nuevo polideportivo, para proveer de energía a cada uno de los procesos, total o parcialmente.

La selección de fuentes de energía renovable, se basó en tres condiciones: aplicabilidad, disponibilidad, y, requerimientos de instalación y explotación.

Al juzgar la *aplicabilidad* en el entorno, se evaluó que las fuentes puedan ser utilizadas dentro del campus de la universidad, y, que se adapten a las condiciones climáticas de la ciudad.

Sobre *disponibilidad energética*, en función de las condiciones climatológicas de la ciudad, se analizó el tiempo de operación y de no operación de las fuentes.

Respecto a los *requerimientos de instalación y explotación*, se consideró las obras requeridas para implementar las fuentes, la flexibilidad de ampliación, y, los requerimientos de explotación.

##### Iluminación interior y circuitos de fuerza del polideportivo

Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación interior y a los circuitos de fuerza del polideportivo, se identificó la energía humana, la energía solar, y, la piezoelectricidad.

La posibilidad de “capturar” *energía humana*, a través de dispositivos que transforman la energía del movimiento del cuerpo humano en energía que puede ser almacenada y utilizada (ver Fig. 4), ha permitido desarrollar una serie de máquinas de gimnasio que producen energía suficiente para iluminar el espacio en el que se encuentran. El primer

gimnasio en implementar esta tecnología fue el California Fitness, en Hong Kong a través de su programa “Poweredbyyou”. La experiencia del gimnasio muestra que en promedio, una persona que utiliza una de las caminadoras durante una hora, puede generar 18,2 KW al año [38].



Fig. 4. Máquinas de gimnasio que generan energía eléctrica.

Al momento, existen varios fabricantes de máquinas de gimnasio que “capturan” energía. La empresa Human Dynamo [39] ofrece un modelo de bicicletas interconectadas capaces de generar entre 100 a 450 W, a un costo aproximado de USD 1.600. La empresa Plug Out Fitness [40], fabrica bicicletas y equipos de spinning, cada uno con la capacidad de generar hasta 250 W, dependiendo del nivel de ejercicio que se realice, a un costo aproximadamente de USD 2.500.

La tecnología disponible actualmente, permite “capturar” la energía solar mediante el uso de paneles y películas solares (ver Fig. 5 y 6), distribuidos sobre la estructura del edificio, aprovechando azoteas, ventanales, y, espacios abiertos.



Fig. 5. Paneles solares en la azotea de un edificio.



Fig. 6. Uso de películas solares sobre los ventanales de un edificio.

Entre los distintos proveedores de paneles solares, para este proyecto, especial interés tiene la empresa Tycon Power [41], dedicada al diseño y desarrollo de paneles solares para aplicaciones externas. La empresa ofrece paneles de 0,96 m<sup>2</sup> de superficie, que pueden generar hasta 120Wp, a un costo de USD 530. La tabla 7 muestra la potencia que se puede alcanzar a través de distintos arreglos de los paneles.

Tabla 7

Capacidad de generación de los paneles solares de TyconPower.

Cantidad	Potencia individual, Wp	Área cubierta, m <sup>2</sup>	Potencia total, Wp
5	120	4,8	600
10	120	9,6	1.200
15	120	14,4	1.800

Las *láminas solares* también permiten general energía fotovoltaica, a la vez que proporcionan mayor flexibilidad. La empresa Global Solar desarrolla láminas que pueden generar entre 250 y 300Wp. Una lámina de 300 Wp de generación, tiene un área aproximada de 28,12 m<sup>2</sup>, y, mide 57,4m x 0,49m, y, su costo aproximado es de USD 480. La tabla 8 muestra la potencia que se puede alcanzar con el uso de este tipo de láminas.

Tabla 8

Capacidad de generación de las láminas solares de Global Solar

Cantidad	Potencia individual, Wp	Área cubierta, m <sup>2</sup>	Potencia total, Wp
1	300	28,12	300
5	300	140,6	1500
10	300	281,2	3000

Utilizando *elementos piezoeléctricos* ubicados en la zona de graderíos (ver Fig. 7), se puede “capturar” la energía proveniente de las pisadas de los integrantes de las barras. Esta energía puede bastar para abastecer tableros electrónicos y otros dispositivos de señalización.



Fig. 7. Baldosas piezoeléctricas en el Misakeparkstadium. Kobe. Japón

La empresa Pavegen [42] desarrolla baldosas que convierten la energía cinética, proveniente de las pisadas, en electricidad que puede ser utilizada para aplicaciones no conectadas a la red eléctrica. Con un sistema básico montado sobre el arreglo de seis baldosas, se podría generar hasta 2,1 Wh por cada paso en cada baldosa, a un costo de USD 29.300 el sistema completo.

### Iluminación exterior de espacios deportivos

Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación exterior de los espacios deportivos, se identificó la energía eólica, y, la piezoelectricidad.

La **energía eólica** puede ser “capturada” a través de mini o micro aerogeneradores (ver Fig. 8), cuya energía generada puede ser utilizada para abastecer a las luminarias de las canchas deportivas.



Fig. 8. Aerogeneradores en estadio de Brown, Cleveland. Ohio

Los mini aerogeneradores de la empresa Zytech Erodyne [43] pueden generar entre 1200 y 1500 W, a un costo de USD 1.300.

### Provisión de agua caliente sanitaria

Como opción para abastecer de energía a la provisión de agua caliente sanitaria, se identificó a la energía solar.

El uso de **concentradores solares o concentradores térmicos** (ver Fig.9), permitirá proveer de agua caliente a la piscina semiolímpica y a las duchas.



Fig. 9. Uso de concentradores solares para piscina y duchas

Los concentradores térmicos de la empresa Capsolarst [44], utilizan no sólo el calor solar sino también el calor del viento y del ambiente. El costo aproximado de un sistema para temperar el agua de una piscina de 150m<sup>2</sup> es de USD 15.240, con una capacidad de 42KWh.

### Storage de energía

Cuando de aportar energía se trata, un especial interés merece el storage (almacenamiento), siempre considerando que la energía puede ser almacenada en las más diversas formas de un vector energético.

En el marco de este proyecto, se ha considerado sugerir el storage de energía a través del almacenamiento de aguas lluvias, y, el reciclado de aguas grises.

Las aguas lluvias pueden ser capturadas y conducidas a un lago de almacenamiento, para luego ser utilizadas en paisajismo, riego, o, para la generación de energía eléctrica a través de sistemas emergentes como la hidrogenación por vórtice gravitacional.

Otra alternativa interesante, es la reutilización de aguas grises, que una vez tratadas, pueden ser utilizadas como las aguas lluvias.

## IV. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN GIMNASIO PARA LA UTPL BASADO EN EL CONCEPTO DE HARVESTING DE ENERGÍA.

### A. *Propuesta de Implementación de un gimnasio basado en el concepto de harvesting de energía.*

#### Harvesting de energía humana en los gimnasios

La energía humana es una fuente gratuita de microenergía renovable, utilizada desde siempre. A pesar de la baja eficiencia del proceso de conversión de energía humana en energía utilizable, la alta disponibilidad de energía mecánica y térmica durante la actividad física, convierte a la energía humana en una fuente de microenergía renovable potencialmente utilizable [45].

En los últimos años, una nueva generación de gimnasios adoptó el concepto de aprovechar de mejor manera la energía humana, y, convertirla en energía que pueda ser utilizada para potenciar algunos dispositivos eléctricos [46]. El harvesting de energía en equipos de gimnasio, se cataloga dentro de los sistemas de microgeneración, en los que la generación es menor a 5KWh. Estos sistemas no pretenden competir con los sistemas comerciales de generación de energía, y, su función principal es reducir la dependencia respecto a esos sistemas [47].

Los estudios sobre generación de energía eléctrica en un gimnasio, realizados por la Universidad de California en Berkeley y la Universidad de British Columbia, han demostrado que, el proceso de transferencia de energía humana a energía eléctrica se produce con una eficiencia mucho menor al 100%, debido a que parte de la energía se degrada en calor debido al rozamiento, choques, vibraciones, etc. [48]. El valor del rendimiento de la conversión de energía, se relaciona con la actividad en la que se realiza el harvesting (ciclismo, atletismo, levantamiento de pesas, etc.), y, es mayor en las actividades realizadas con las extremidades inferiores. Otros estudios [49] muestran que a través de las piernas se puede generar una energía cuatro veces mayor a la generada con los brazos; y, que una persona entre 20 y 40 años de edad, puede generar, en promedio, 100W al ejercitarse por una hora en una máquina elíptica.

Zonas requeridas en el gimnasio y equipos a instalar

El diseño preliminar del nuevo gimnasio de la UTPL, parte de la definición de las zonas que deben conformarlo. En diálogo con los responsables de la dimensión deportiva en la universidad, se determinó que un gimnasio universitario debería incluir al menos 6 zonas: **zona de musculación** (estación de fuerza, máquina de sentadilla, bancas de pecho, cabinas de abductores, máquinas para abdomen y espalda, mancuernas), **zona cardiovascular** (máquinas trotadoras, bicicletas reclinadas, máquinas elípticas, y, bicicletas de spinning), **zona de clases grupales** (aeróbicos, pilates, yoga, estiramientos, abdomen, etc), **zona de asesoría médica y fisioterapeutas**, **zonas de camerinos y duchas**; y, **zona de casilleros**.

En los diseños preliminares, se ha asignado para el nuevo gimnasio un área de aproximadamente 300 m<sup>2</sup>. Considerando este espacio, realizó un esquema de la posible distribución de zonas (ver Fig.10). La tabla 9, resume el área a ocupar por cada zona, y, el número de equipos a instalar.

**Tabla 9.**

Distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la UTPL.

Descripción	Área a cubrir (m <sup>2</sup> )	Número de equipos
Zona de musculación	60	19
Zona cardiovascular	35	10
Zona de clases grupales	40	0
Zona de asesoría médica y fisioterapia	20	0

Equipamiento disponible en el mercado para harvesting de energía en gimnasios y aproximación de la inversión a realizar

Actualmente, la universidad cuenta con equipos para la zona de musculación, pero carece de otros equipos. Por esta razón, en el marco de esta propuesta, se sugiere la adquisición de al menos 2 bicicletas estáticas, 1 máquina elíptica, 1 bicicleta reclinada, y, una caminadora (ver Fig11 – Fig. 14)



**Fig. 11.** Bicicleta estática marca Mottion  
<http://www.damofit.com/index.php?cat=Bicicleta%20Fija>



**Fig. 12.** Máquina elíptica  
<http://www.damofit.com/index.php?cat=Caminador%20eliptico>



**Fig. 13.** Caminadora Fitage GE-201  
<http://www.damofit.com/index.php?cat=Cinta%20de%20correr>

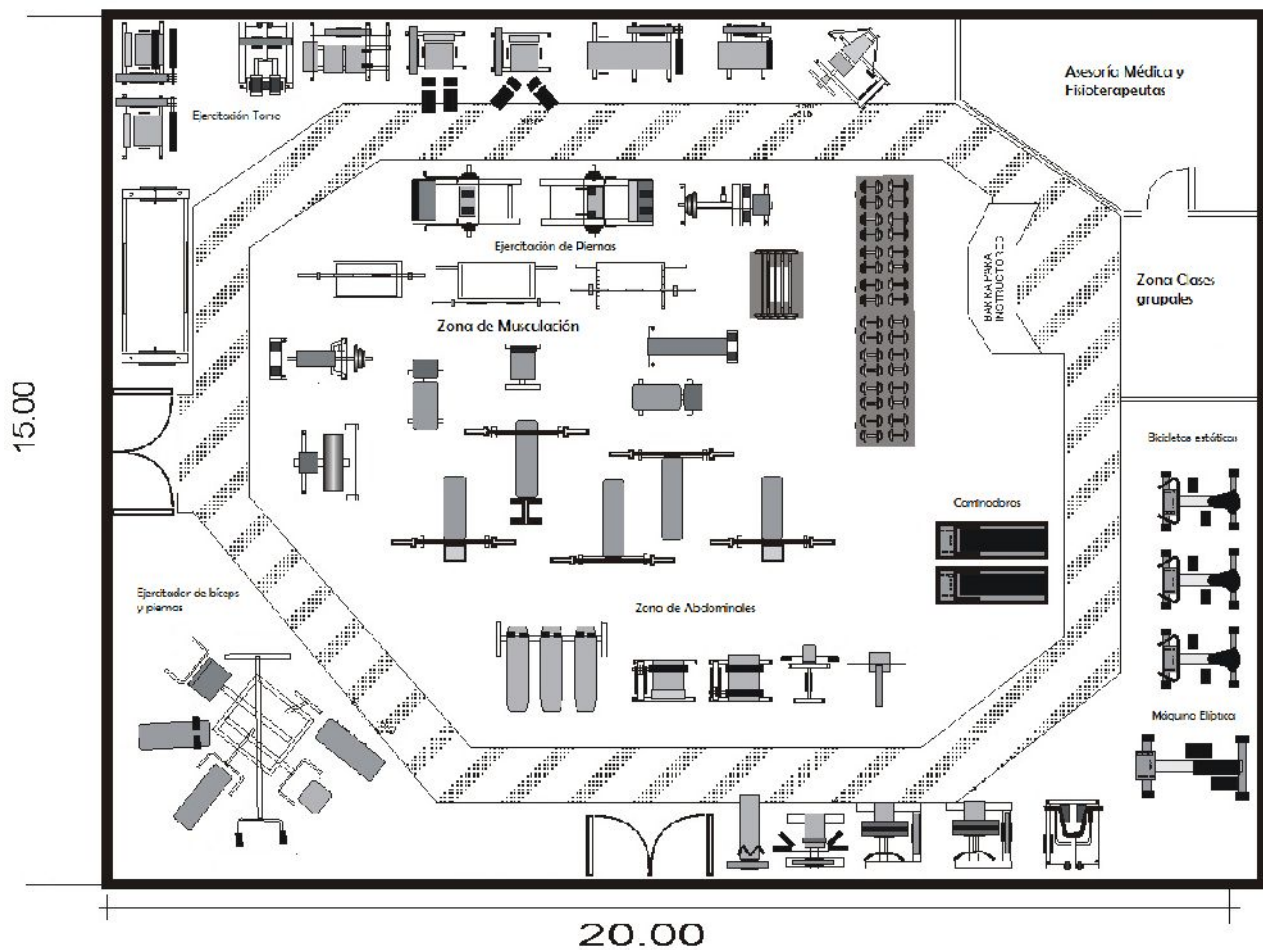


Fig. 10. Esquema de la distribución de zonas y equipos en el nuevo gimnasio de la Universidad

Universidad de California en Berkeley [50]. En los costos de readecuación del equipamiento, no se ha considerado el costo de movilización del personal técnico ni los gastos en importación del equipamiento necesario para la readecuación.



Fig. 14. Bicicleta reclinada Fitage GE-703  
<http://www.damofit.com/index.php?cat=Bicicleta%20fija>

Entre las empresas dedicadas al desarrollo de equipamiento de gimnasio para harvesting de energía humana, destaca ReRev, empresa dedicada enteramente a la readecuación de equipos de gimnasio, especialmente máquinas elípticas, bicicletas estáticas, y caminadoras. La información disponible sobre el costo promedio de equipos de gimnasio, y, de los servicios que oferta ReRev, sirvió de base para calcular la inversión requerida. La tabla 10 muestra el valor aproximado de cada equipo, y, el costo referencial de adecuación del mismo, definido a partir del estudio realizado en la

Tabla 10.

Inversión en equipos de gimnasio y readecuación de los mismos, para el nuevo gimnasio de la UTPL.

Cant.	Equipo	Costo Unitario (USD)	Costo por adaptación (USD)	Costo Total (USD)
2	Bicicleta estática	600,00	921,00	3.042,00
1	Bicicleta reclinada Fitage GE-703	450,00	921,00	1.371,00
1	Máquina Elíptica	700,00	921,00	1.621,00
1	Caminadora Fitage GE-201	905,00	921,00	1.826,00
<b>Total</b>				<b>7.860,00</b>

B. Análisis de los posibles impactos de la implementación del gimnasio

La implementación de un gimnasio en la UTPL, diseñado bajo el principio de harvesting de energía, puede proporcionar impactos cuantitativos en la generación de energía, y,

cualitativos en el cambio de paradigma cultural de la comunidad universitaria.

### Aporte en la generación de energía eléctrica

Este impacto puede ser cuantificado y analizado desde el punto de vista financiero. Debido al estado embrionario de la tecnología, este impacto es modesto. Es mucho más importante la validación del impacto económico del cambio de paradigma cultural de la comunidad universitaria [51].

Para fines prácticos, el cálculo de la energía eléctrica generada se realizó considerando que, en promedio, una persona podría generar 75W en una hora de ejercicio. Se consideró también que las máquinas funcionan 6 horas diarias durante 300 días al año. En estas condiciones, la producción de energía sería del orden de 2,25 KWh / día, ó, 675KWh /año. En la tabla 11 se resume la cantidad de energía que se puede generar al adaptar los equipos de gimnasio.

**Tabla 11.**

Generación de energía en los equipos del gimnasio adaptados, por año.

Equipos	Potencia Estimada	Horas uso día	Días al año	Energía Generada KW h / año	Costo KW h	Energía Total (USD)
2	75	6	300	270	0,11	29,70
1	75	6	300	135	0,11	14,85
1	75	6	300	135	0,11	14,85
1	75	6	300	135	0,11	14,85
<b>TOTALES</b>				<b>675</b>		<b>74,25</b>

Por cuanto el costo promedio de un KWh en la región sur del Ecuador, es de USD 0,11, la energía producida por el conjunto de máquinas se valoraría en USD 74,25 por año. Con esta tasa, el período de recuperación de la inversión sería de al menos 106 años, a tal punto que, al finalizar la vida útil de los equipos se habría recuperado sólo del 6% al 7% de la inversión.

Por otra parte, la potencia estimada en iluminación del nuevo gimnasio es de alrededor de 2,88 KW. Para un uso frecuente de al menos 4 horas diarias, en iluminación se requeriría unos 3.456 KWh al año. La generación obtenida en las ejercitadoras sólo cubriría el 19% de esa energía. Lo óptimo entonces, sería utilizar la energía aportada vía harvesting para potenciar señalización u otras aplicaciones de bajo consumo de energía.

### Cambios cualitativos en el paradigma cultural

La utilización de equipos de ejercicio que posibilitan el harvesting de energía, se transforma en un pretexto excelente para introducir en la comunidad universitaria, la discusión sobre las consecuencias del déficit de fuentes de energía fósil y la contaminación ambiental que produce la explotación no regulada de las mismas, a la vez que fomenta el pensamiento creativo acerca de la aplicación de energías renovables[52].

Un gimnasio que genera parte de la energía que consume, resulta un método novedoso para animar a las personas

realizar ejercicio y a fijarse metas. La visualización de la cantidad de las calorías “consumidas” y de la energía aportada, a través de pantallas indicadoras instaladas en el sistema y potenciadas por la energía generada (Ver. Fig. 15), facilita la motivación de los usuarios [53]. Los participantes adquieren un comportamiento ambiental positivo, que promueve la conservación de la energía y la sostenibilidad en general. Esta motivación puede mejorarse si la energía capturada no sólo se utiliza para potenciar equipamiento propio del gimnasio, sino que también se destina a potenciar dispositivos electrónicos de propiedad de los estudiantes, como computadores portátiles, teléfonos celulares, etc.



**Fig. 15.** Pantalla de monitoreo del sistema ReRev  
<http://www.rerev.com>

Otro aspecto importante a considerar, es la posibilidad de que, a través de la prueba, más ingenieros se sumen a la I+D+D del harvesting de energía en este tipo de máquinas, ampliando el espectro de aplicación, y, mejorando los indicadores financieros actuales.

## V. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LA OPERACIÓN Y DESEMPEÑO DE LÁMINAS SOLARES

### A. Diseño del sistema

#### Requerimientos de diseño

En el marco de este proyecto, se propone diseñar una estación experimental para el estudio de la operación y desempeño de las láminas solares en las condiciones de irradiación solar de Loja.

La estación experimental propuesta deberá poseer una infraestructura base y la instrumentación adecuada, para permitir al menos tres tipos de análisis: operación y desempeño de los esquemas posibles de interconexión de las láminas solares, operación y desempeño de las opciones potenciales de storage de energía, y, la operación y desempeño del sistema ante distintos tipos de carga (Ver Fig.16).





Fig. 16. Diagrama funcional del módulo experimental a implementar.

Como referencia base, la estación se montará para el estudio de la operación y desempeño de láminas solares tipo Power FLEX BIPV - 300W, de la empresa Global Solar, cuyas características técnicas más relevantes se muestran en la Tabla 12.

Tabla No.12  
Características técnicas de las láminas solares SolarFilm.

<b>Capacidad</b>	28Wp
<b>Dimensiones</b>	2025 x 368 x 3 mm
<b>Peso</b>	0.82 kg
<b>Tiempo de vida estimado</b>	aproximadamente de 10 años
<b>Tipo de célula</b>	108 CIGS células (210 x 100 mm)
<b>Eficiencia</b>	12.6%
<b>Tensión nominal</b>	15.4 V

Las láminas se conectan a un circuito de carga, en el que instrumentos registran el voltaje y el amperaje, a fin de determinar la energía generada.

La estación experimental propuesta cuenta con una estructura base como la mostrada en la Fig. 17. Dos láminas se colocan sobre una plataforma (plano), capaz de rotar sobre su eje, a fin de seguir el recorrido del Sol.

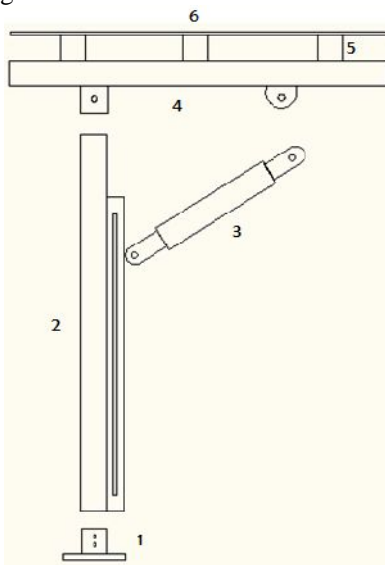


Fig. 17. Sistema experimental de láminas solares. [Diseño de autores] 1, base de la estación. 2, soporte principal. 3, bisagra. 4, soporte plano vertical de láminas. 5, soporte plano horizontal de láminas. 6, plano de láminas.

## Geometría de la estructura

La estructura se fija al suelo a través de una **base** (figuras 18, 19, y, 20). Un **soporte principal**, conectado a la base de la estructura, sobrellevar el peso de la misma (figuras 21, 22, y, 23).

Una **bisagra** (figuras 24 y 25) proporciona al **plano de inclinación** (figura 26), la posibilidad de orientarse adecuadamente al recorrido del Sol El plano de inclinación se sostiene en la estructura por medio de un par de **soportes**, tanto horizontal como vertical (figuras 27, 28, 29, y, 30).

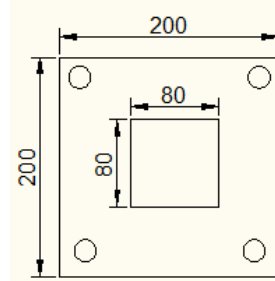


Fig. 18. Vista superior Base de la estación

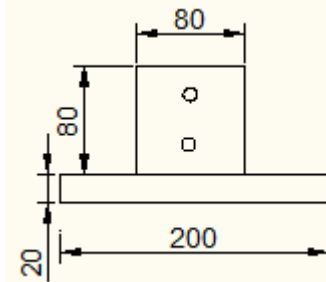


Fig. 19. Vista lateral, base de la estación. [Diseño de autores]

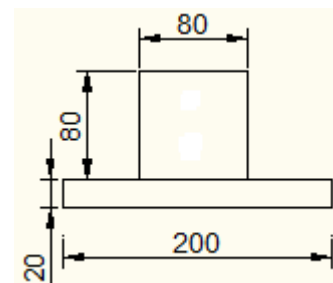


Fig. 20. Vista Frontal, base de la estación. [Diseño de autores]

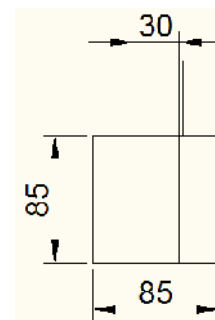


Fig. 21. Soporte principal. Vista Superior. [Diseño de autores]

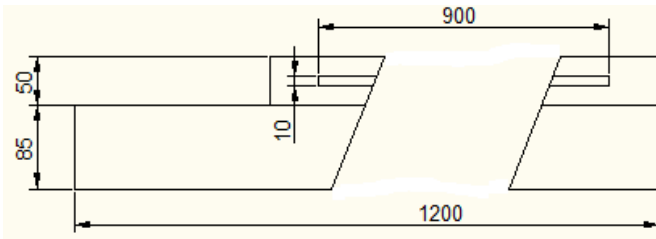


Fig. 22. Soporte principal vista lateral. [Diseño de autores]

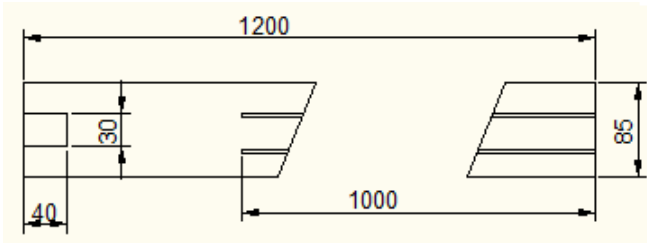


Fig. 23. Soporte Principal. Vista Frontal [Diseño de autores]

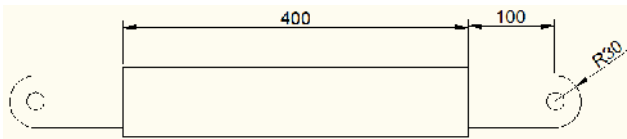


Fig. 24. Bisagra. Vista lateral. [Diseño de autores]

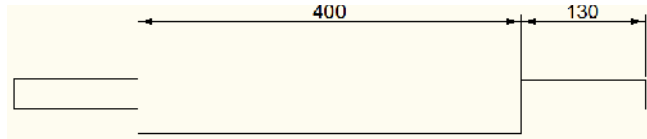


Fig. 25. Bisagra. Vista Superior. [Diseño de autores]

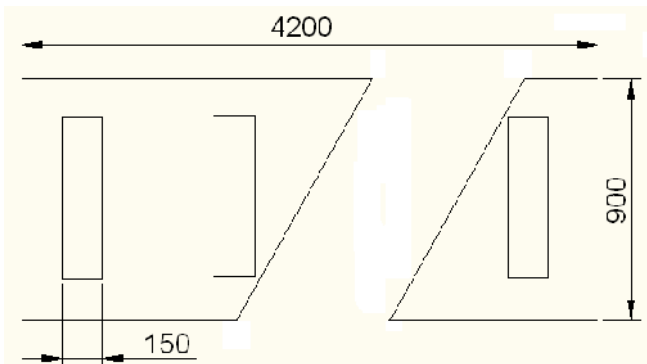


Fig. 26. Tablero de soporte láminas solares. Vista frontal. [Diseño de autores]

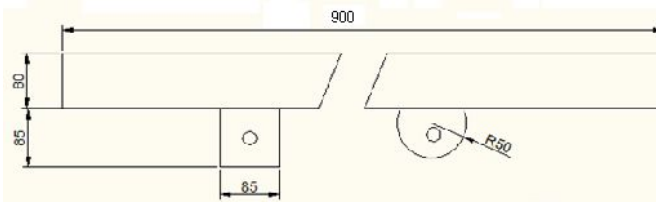


Fig. 27. Soporte cuadro principal. Vista lateral. [Diseño de autores]

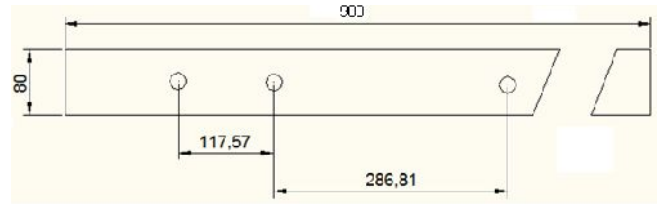


Fig. 28. Soporte cuadro principal. Vista superior. [Diseño de autores]

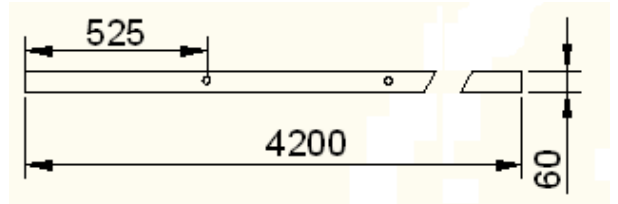


Fig. 29. Soporte de cuadro principal. Vista lateral. [Diseño de autores].

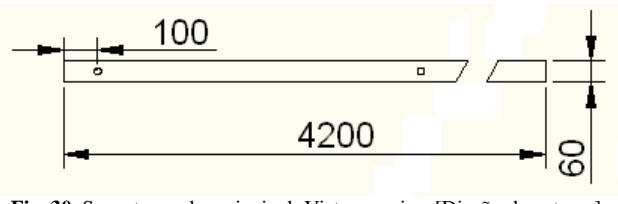


Fig. 30. Soporte cuadro principal. Vista superior. [Diseño de autores].

## Instrumentación

La tabla 13, muestra la instrumentación necesaria para evaluar la operación y desempeño de las láminas solares.

Tabla No.13

Instrumentación requerida para el módulo de experimentación.

Descripción	Cantidad
Voltímetro	1
Amperímetro	1
Inversor solar	1
Regulador de carga C-0193	1
Baterías modelo Millenium	2
Conectores Tyco Solar lock macho y hembra	
Cargas para el sistema	

Se recomienda el uso de un multímetro tipo Dig panel DMK – 20 (Ver Fig. 31), que permite la adquisición de datos sobre voltaje y amperaje, el almacenamiento de los datos adquiridos, y, la descarga de la información en un computador.



Fig. 31. Multímetro Dig Panel DMK-20. Disponible en:  
<http://www.ohgizmo.com>

El inversor solar, permite realizar la conversión CD a CA. El inversor seleccionado es el UniLynx 3000 (Ver Fig. 32), cuyas características técnicas se resumen en la tabla 14.



Fig. 32. Inversor solar HB-A series. Disponible en:  
<http://exmork.com/pure-sine-wave-inverter.htm>

Tabla No. 14

Características técnicas Inversor solar Unilynx 3000.

Descripción	Características
Voltaje Ac de salida	110 – 220V
Frecuencia de salida	60Hz
Forma de onda de salida	Senoidal pura
Rango de voltaje de entrada	12 – 24 V

El regulador de carga modelo C-0193, permite controlar el proceso de carga de la batería (Ver figura 33). Un microprocesador controla los umbrales de conmutación de corte y reset, por exceso o por falta de tensión. Las características técnicas del regulador de carga seleccionado, se resumen en la tabla 15.



Fig. 33. Controlador Solar C-0193. Disponible en:  
[http://electroindustrial.com/solar/reguladores/c-0193\\_regulador\\_solar\\_inteligente\\_12v\\_24v\\_10a.htm](http://electroindustrial.com/solar/reguladores/c-0193_regulador_solar_inteligente_12v_24v_10a.htm)

Tabla No. 15

Características técnicas controlador solar C-0193.

Descripción	Características
Corriente del módulo	10 A
Corriente de carga	10 A
Consumo interno	10 mA
Rango de tensión	12 – 24 V
Medidas	190 x 115 x 55 mm

Las baterías a utilizar en el storage de energía, son del tipo millenium (figura 34), cuyas características técnicas se muestran en la tabla 16.



Fig. 34. Batería Millenium

Disponible en: Catálogo de productos ProViento S.A. Ecuador 2011

Tabla No.16

Características técnicas Batería Millenium

Descripción	Características
Corriente del módulo	10 A
Corriente de carga	10 A
Consumo interno	10 mA
Rango de tensión	12 – 24 V
Medidas	190 x 115 x 55 mm

Las láminas pueden ser conectadas en serie y paralelo, para lo que se requiere de una serie de conectores como los mostrados en las figuras 35, 36, 37, y, 38.



Fig. 35. Conector Solarlock T-Branch macho a macho. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 38. Conector Solarlock Macho. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 36. Conector Solarlock T-Branch hembra a macho. Disponible en: <http://www.te.com>



Fig. 37. Conector Solarlock Hembra. Disponible en: <http://www.te.com>

### Integración del sistema

La figura 39 muestra la integración de los elementos del sistema.

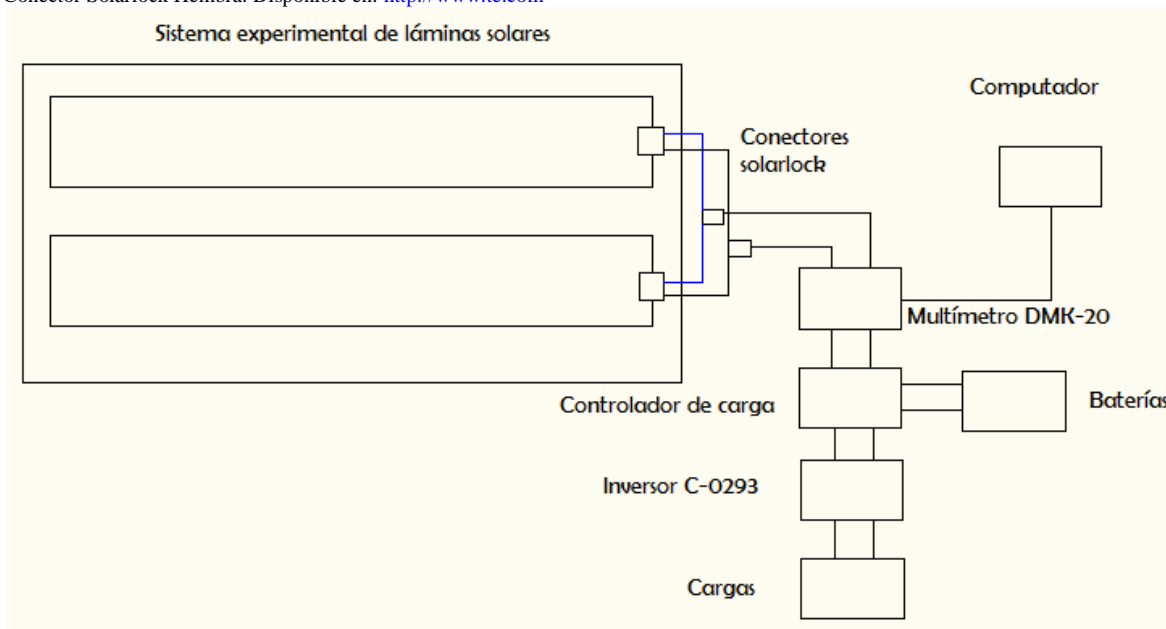


Fig. 39. Integración de los instrumentos del sistema experimental de láminas solares. [Diseño de autores]

## B. Presupuesto de Implementación.

La tabla 17 resume los costos de implementación de la estación experimental planteada.

**Tabla No.17**  
Costo aproximado para la implementación del sistema

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Total
Arnés para montaje de láminas solares	1	510,00	510,00
Láminas solares SolarFilm	4	952,00	3808,00
Multímetro Dig Panel DMK-20	1	450,00	450,00
Inversor HB-A series	1	450,00	450,00
Regulador de carga C-0193	1	150,00	150,00
Baterías de gel modelo S8DSDL	2	150,00	300,00
Conector solar lock T-Branch macho - macho	2	50,00	100,00
Conector solar lock T-Branch hembra-macho	2	50,00	100,00
Conector solar lock macho	2	25,00	50,00
Conector solar lock hembra	2	25,00	50,00
<b>Total</b>			<b>5968,00</b>

## VI. CONCLUSIONES

- En 1989, la Universidad de California en Los Ángeles, UCLA, marcó un precedente al introducir el concepto de “valoración del impacto ambiental” en la gestión y operación de su campus. Como resultado, se formuló una política institucional con visión ambiental.
- Este fue el punto de partida para lo que, en los años noventa, se denominó “ambientalización de la universidad”. Muchas universidades incluyeron prácticas medioambiente-amigables en su gestión, e, impulsaron un proceso de internacionalización del compromiso universitario con el medio ambiente y el desarrollo sustentable.
- Esta internacionalización dio lugar a la firma de declaraciones como la de Talloires y muchas otras, que se han convertido en referencias para el accionar de las universidades en la formación de profesionales, en la investigación, y, en la adopción de medidas para la gestión sustentable de sus campus.
- La experiencia latinoamericana en la gestión sustentable del campus universitaria es reciente y diversa. Existen experiencias enmarcadas en esfuerzos propios de cada institución, y, algunos de cooperación internacional.
- En el Ecuador, el marco jurídico existente respalda y obliga a las universidades en la ejecución de programas formativos, de investigación, y, de demostración, que permitan cambiar el paradigma social en relación a la energía.
- En este marco, algunas universidades han propuesto iniciativas relacionadas a las energías renovables (no convencionales), sin llegar a incluirlas en la gestión del campus universitario. Existen propuestas de investigación que abordan el tema de desarrollo sustentable del campus, pero hace falta el desarrollo y demostración, que comprometa a la comunidad universitaria a dimensionar, asumir, y, minimizar el impacto ambiental de las instalaciones de la institución.
- Para proyectar la demanda de energía en el nuevo polideportivo de la UTPL, se han considerado espacios interiores y exteriores, y, se ha definido cuatro grupos de procesos que requieren energía: iluminación interior del polideportivo, iluminación exterior de espacios deportivos, circuitos de fuerza, y, provisión de agua caliente sanitaria.
- La demanda proyectada de energía en iluminación interior del nuevo polideportivo de la UTPL, incluye la iluminación de las canchas cubiertas, pasillos, baños, vestidores, y, áreas de descanso, y, alcanza el valor de 28.140 W.
- Existe una excelente posibilidad de optimizar el consumo de energía en iluminación interior, al corregir el número de lámparas utilizadas y/o homogeneizar la intensidad luminosa.
- Otra oportunidad de optimización del consumo de energía en iluminación interior es el uso de luminarias tipo LED, que permitirían un ahorro de un 20% respecto al consumo actual.
- La demanda proyectada de energía en iluminación exterior del nuevo polideportivo de la UTPL, incluye la iluminación de la cancha de fútbol, y, alcanza el valor de 3.000 W.
- Una oportunidad de optimización del consumo de energía en iluminación exterior es el uso de luminarias tipo LED.
- La demanda proyectada de energía para tomas de fuerza en el nuevo polideportivo de la UTPL, alcanza el valor de 3.176 W.
- La demanda proyectada de energía para proveer de agua caliente sanitaria al nuevo polideportivo de la UTPL, alcanza el valor de 5.823 KWh.
- Una opción para optimizar el uso de energía para proveer de agua caliente sanitaria al polideportivo, es el uso de sistemas de oxigenación que, al aumentar la velocidad del agua proporcionan un ahorro de entre el 20 y el 70% de agua, en comparación a los sistemas tradicionales.
- La selección de fuentes de energía renovable potencialmente utilizables para abastecer de energía al nuevo polideportivo, se basó en tres condiciones: aplicabilidad, disponibilidad, y, requerimientos de instalación y explotación.
- Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación interior y a los circuitos de

fuerza del polideportivo, se identificó la energía humana, la energía solar, y, la piezoelectricidad.

- Como opciones para abastecer de energía a los sistemas de iluminación exterior de los espacios deportivos, se identificó la energía eólica, y, la piezoelectricidad.
- Como opción para abastecer de energía a la provisión de agua caliente sanitaria, se identificó a la energía solar.
- En el marco de este proyecto, se ha considerado sugerir el storage de energía a través del almacenamiento de aguas lluvias, y, el reciclado de aguas grises.
- El creciente uso de dispositivos electrónicos portátiles, ha creado las oportunidades para el aprovechamiento de la energía humana, una forma de microenergía renovable absolutamente no convencional, que se pone de manifiesto en un gimnasio, en el pedaleo de una bicicleta, en los juegos infantiles en parques y lugares públicos, etc
- La energía humana es una fuente gratuita de microenergía renovable, utilizada desde siempre. A pesar de la baja eficiencia del proceso de conversión de energía humana en energía utilizable, la alta disponibilidad de energía mecánica y térmica durante la actividad física, convierte a la energía humana en una fuente de microenergía renovable potencialmente utilizable.
- La utilización de equipos de ejercicio que posibilitan el harvesting de energía, se transforma en un pretexto excelente para introducir en la comunidad universitaria, la discusión sobre las consecuencias del déficit de fuentes de energía fósil y la contaminación ambiental que produce la explotación no regulada de las mismas, a la vez que fomenta el pensamiento creativo acerca de la aplicación de energías renovables.
- El harvesting de energía en equipos de gimnasio, se cataloga dentro de los sistemas de microgeneración, en los que la generación es menor a 5KWh. Estos sistemas no pretenden competir con los sistemas comerciales de generación de energía, y, su función principal es reducir la dependencia respecto a esos sistemas

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] No se reconoce autor. "Manual del uso de la energía solar". [Online] Disponible en: <[http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/73bib\\_arch.pdf](http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/73bib_arch.pdf)> [Consulta enero de 2012].
- [2] R. Conde, O. González, and E. Mendieta, "Hacia una Gestión Sustentable del Campus Universitario", México, 2008
- [3] Gilman, Larry, (2010, Nov 15) "Energy Efficiency", Gale, Cengage Learning. [Online]. Disponible en:

- <[http://find.galegroup.com/gnr/infomark.do?&contentSet=EBKS&idigest=2af874b2262f5e4fad12e3860a960171&type=retrieve&tabID=T001&prodId=GRNR&docId=CX3079000097&eisbn=978-1-4144-37088&source=gale&userGroupName=utpl\\_cons&version=1.0](http://find.galegroup.com/gnr/infomark.do?&contentSet=EBKS&idigest=2af874b2262f5e4fad12e3860a960171&type=retrieve&tabID=T001&prodId=GRNR&docId=CX3079000097&eisbn=978-1-4144-37088&source=gale&userGroupName=utpl_cons&version=1.0)> [Consulta de abril de 2011].
- [4] No se menciona Autor. "Declaración de Talloires". Disponible en: <[http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL\\_ID=37590&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=37590&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)> [Consulta enero del 2012].
- [5] ULSF. "Declaración de Halifax". [Online]. Disponible en: <[http://www.ulsf.org/pub/declaration\\_curvol61.htm](http://www.ulsf.org/pub/declaration_curvol61.htm)> [Consulta enero del 2012].
- [6] M. Keating. "The Rio Declaration on Environment And Development (1992)". [Online]. Disponible en: <[http://www.unesco.org/education/information/nfsunesco/pdf/RIO\\_E.PDF](http://www.unesco.org/education/information/nfsunesco/pdf/RIO_E.PDF)> [Consulta enero del 2012].
- [7] Association of Commonwealth Universities. "Declaración de Swansea". [Online]. Disponible en: <<http://www.iisd.org/educate/declarat/swansea.htm>> [Consulta enero del 2012].
- [8] No se menciona Autor. "Declaración de Kioto". [Online]. Disponible en: <[http://www.uncrd.or.jp/env/est/docs/kyoto/kyoto\\_dec\\_34.pdf](http://www.uncrd.or.jp/env/est/docs/kyoto/kyoto_dec_34.pdf)> [Consulta enero del 2012].
- [9] G. Curiel. "Declaración de Barbados". [Online]. Disponible en: <<http://www.novosite.nl/editor/assets/unapublications/aanzetWEB-10.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [10] UNESCO. "Declaration of Thessaloniki". [Online]. Disponible en: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001177/117772eo.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [11] UNESCO. "The Lüneburg Declaration on Higher Education for Sustainable Development". [Online]. Disponible en: <<http://portal.unesco.org/education/en/files/37585/11038209883LuneburgDeclaration.pdf/LuneburgDeclaration.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [12] No se menciona Autor. "Campus sustentable". [Online]. Disponible en: <[http://www.unlp.edu.ar/articulo/2008/6/25/plan\\_estrategico\\_de\\_desarrollo\\_sustentable](http://www.unlp.edu.ar/articulo/2008/6/25/plan_estrategico_de_desarrollo_sustentable)> [Consulta enero del 2012].
- [13] No se menciona Autor. "Plan de desarrollo sustentable". [Online]. Disponible en: <<http://www.bogota.unal.edu.co/>> [Consulta enero del 2012].
- [14] B. Gutiérrez, M. Martínez. "El plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior. Escenarios posibles". [Online]. Disponible en: <<http://scielo.unam.mx/pdf/resu/v39n154/v39n154a6.pdf>> [Consulta enero del 2012].
- [15] UNAM. "La ciudad universitaria y la energía". [Online]. Disponible en: <<http://vesta.fi-b.unam.mx/index.html>> [Consulta enero del 2012].
- [16] No se menciona Autor. "Campus Sur y su contribución al desarrollo sustentable de Chile". [Online]. Disponible en: <[http://www.agronomia.uchile.cl/?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=notAgronomia&url=78182](http://www.agronomia.uchile.cl/?_nfpb=true&_pageLabel=notAgronomia&url=78182)> [Consulta enero del 2012].
- [17] UBA. "Desarrollo sustentable". [Online]. Disponible en: <<http://www.uba.ar/>> [Consulta enero del 2012].
- [18] CZER. Zamorano.edu. [Online]. Disponible en: <<http://czer.zamorano.edu/acerca.html>>. [Consulta enero de 2012].
- [19] No se reconoce autor. "Centro demostrativo de tecnologías de energía renovable". [Online]. Disponible en: <<http://lpz.ucb.edu.bo/Forms/Noticias/2011/Cartilla%20UACS.pdf>>. [Consulta de enero de 2012]

- [20] Asambleanacional.gob.ec. [Online]. Disponible en: <<http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/Constitucion-2008.pdf>>. [Consulta enero de 2012].
- [21] Asambleanacional.gob.ec. [Online]. Disponible en: <<http://documentacion.asambleanacional.gob.ec/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/eb888489-645d-43f1-b85d-2baa1f5d6afe/Ley%20Org%C3%A1nica%20Educa%C3%B3n%20Superior>>. [Consulta enero de 2012]
- [22] meer.gob.ec. [Online]. Disponible en: <[http://www.meer.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=74](http://www.meer.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=74)>. [Consulta enero de 2012]
- [23] ESPOL. “Centro de desarrollo sustentable”. [Online] Disponible en: <<http://www.cds.espol.edu.ec/>> [Consulta enero de 2012]
- [24] No se menciona Autor. “Desarrollo sustentable”. [Online]. Disponible en: <<http://www.puce.edu.ec/>> [Consulta enero de 2012]
- [25] No se Menciona Autor. “Plan de desarrollo sustentable”. [Online]. Disponible en: <[http://www.epn.edu.ec/udc/index2.php?option=com\\_docman&ask=doc\\_view&gid=201&Itemid=76](http://www.epn.edu.ec/udc/index2.php?option=com_docman&ask=doc_view&gid=201&Itemid=76)> [Consulta enero de 2012]
- [26] unl.edu.ec. [Online]. Disponible en: <<http://aeirmnr.unl.edu.ec/energia/index.php/investigacion.html>> [Consulta 19 enero de 2012]
- [27] No se menciona Autor. “La ciudad del conocimiento, La ciudad del conocimiento, Yachay”. [Online]. Disponible en: <[http://www.municipiourcuqui.gob.ec/index.php?option=com\\_seyret&task=videodirectlink&Itemid=8&id=5](http://www.municipiourcuqui.gob.ec/index.php?option=com_seyret&task=videodirectlink&Itemid=8&id=5)> [Consulta enero de 2012]
- [28] Havells-silvanya. “Catálogo de productos” [Online]. Disponible en: <[http://www.havells-sylvania.com/pdf/Fixtures\\_catalogue/Espanol/10\\_High%20Bay\\_Low%20Bay.pdf](http://www.havells-sylvania.com/pdf/Fixtures_catalogue/Espanol/10_High%20Bay_Low%20Bay.pdf)> [Consulta enero 2012]
- [29] Edison.upc.edu. “Cálculo de Instalaciones de Alumbrado” [Online] Disponible en: <<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>>
- [30] General Electric. “Catálogo de productos modelo Maresa” [Online] Disponible en: <[www.maresa.com/mar/catalogo.htm](http://www.maresa.com/mar/catalogo.htm)>
- [31] Edison.upc.edu. “Cálculo de instalaciones de alumbrado” [Online]. Disponible en: <<http://edison.upc.edu/curs/llum/exterior/calculos.html>> [Consulta enero 2012]
- [32] Phillips. “Lámparas de descarga”. [Online] Disponible en: <[www.ylumsa.com.ar/images/Philips/SODIO%20T.pdf](http://www.ylumsa.com.ar/images/Philips/SODIO%20T.pdf)> [Consulta enero 2012]
- [33] Cleanenergysolar.com. “Cálculo del consumo de agua caliente sanitaria” [Online] Disponible en: <<http://www.cleanenergysolar.com/2011/11/08/calculo-del-consumo-de-agua-caliente-sanitaria/>> [Consulta febrero 2012]
- [34] Foragua.org. “Gobierno Municipal de Loja” [Online] Disponible en: <<http://www.foragua.org/mloja.html>> [Consulta febrero 2012]
- [35] Construnario.com. “Tabla de niveles de iluminación” [Online]. Disponible en: <<http://www.construnario.com/diccionario/swf/27506/niveles%20de%20iluminaci%C3%B3n.pdf>> [Consulta febrero 2012]
- [36] Goodleds. “Lámparas Industriales” [Online]. Disponible en: <[http://www.goodleds.co/product.php?id\\_product=1345](http://www.goodleds.co/product.php?id_product=1345)> [Consulta enero 2012]
- [37] Oxygenics.com. “Technology”. [Online] Disponible en: <<http://www.oxygenics.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [38] California fitness. [Online]. Disponible en: <<http://www.californiafitness.com/hk/en/about-us.html>> [Consulta enero 2012]
- [39] Humandynamo. [Online]. Disponible en: <<http://www.humandynamo.com/>> [Consulta enero 2012]
- [40] Plugoutfitness. [Online]. Disponible en: <<http://www.plugoutfitness.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [41] Tyconpower. [Online]. Disponible en <<http://tyconpower.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [42] Pavegen.com [Online]. Disponible en: <<http://www.pavegen.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [43] Zytecherodyne. “Catálogo de Productos” [Online]. Disponible en: <<http://www.zytechaerodyne.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [44] Capsolarcst. “Descripción del producto” [Online]. Disponible en: <<http://www.capsolarcst.com/>> [Consulta febrero 2012]
- [45] Adam M. Gilmore. Human power: Energy Recovery from Recreational Activity, University of Guelph, Ontario NIG 2W1, Canadá. Disponible en línea: <[http://www.soe.uoguelph.ca/webfiles/gej/articles/GEJ\\_001-008-016\\_Gilmore\\_Human\\_Power.pdf](http://www.soe.uoguelph.ca/webfiles/gej/articles/GEJ_001-008-016_Gilmore_Human_Power.pdf)> [Consulta marzo 2012].
- [46] ibtimes.com. “Harnessing power to solve the crisis”. [Online]. Disponible en: <<http://au.ibtimes.com/articles/275349/20120102/harnessing-human-power-solve-energy-crisis.htm>> [Consulta marzo 2012]
- [47] Narayanan, K, Vigneshwar, V. Halka, M. Soloway, D. “Micro Renewable Energy Systems: Synergizing Technology, Economics and Policy”. Georgia Institute of Technology. 2010.
- [48] Inzunza, J. “Trabajo y Energía”. 149-151pp [Online]. Disponible en: <<http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap5.pdf>> [Consultamarzo 2012]
- [49] Dean, T., 2008, The Human-Powered Home: Choosing Muscles Over Motors. New Society Publishers, Philadelphia, PA, pp. 64, Chap. 2.
- [50] Maha N. Haji, Kimberly Lau, and Alice M. Agogino. “Human powergeneration in fitness facilities”. University of California, Berkeley. 2010.
- [51] Barois, R. Caverly, M. Marshal, K. “An investigation intousing electricity harvesting elliptical machine as a renewable energy source” University of British Columbia. 2010.
- [52] J. Cawood, M. Eggelston, C. Game, C. Harris, A. Hashimoto, W. Lewis, K. Mandrekar, B. Meyerholt, and D. Simons. “The Effectiveness of Energy Generating Exercise Equipment for Energy Conservation Education”. [Online], Disponible en: <<http://cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/8085/report/F>> [Consultamarzo 2012]
- [53] Barois, R. Caverly, M. Marshal, K. “An investigation in tousing electricity harvesting elliptical machine as a renewable energy source” University of British Columbia. 2010.