

Universidad Católica de Santa María
Escuela de Postgrado
Maestría en Sustentabilidad y Medio Ambiente



**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL ESTADIO MARIANO MELGAR
(AREQUIPA-PERÚ) A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
SOLAR FOTOVOLTAICO, PARA SU CONVERSIÓN A SISTEMA SUSTENTABLE
(AUTOSUFICIENTE) ENERGÉTICAMENTE**

Tesis presentada por el Bachiller:

Torres Vela Fernando Antero

para optar el Grado Académico de:

**Maestro en Sustentabilidad y Medio
Ambiente**

Asesor:

Dr. Molina Rodríguez Fredy Nicolás

Arequipa- Perú

2021

UCSM ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POSTGRADO
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 26 de Septiembre del 2021

Dictamen: 004316-C-EPG-2021

Visto el borrador del expediente 004316, presentado por:

2014005371 - TORRES VELA FERNANDO ANTERO

Titulado:

**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL ESTADIO MARIANO MELGAR (AREQUIPA-PERÚ) A
TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, PARA SU
CONVERSIÓN A SISTEMA SUSTENTABLE (AUTOSUFICIENTE) ENERGÉTICAMENTE**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1058 - DAVILA DEL CARPIO GONZALO HERMILIO
DICTAMINADOR**



**1164 - BARDALES ALVAREZ ROXANA MARGARITA
DICTAMINADOR**



**5429 - BOCARDO DELGADO EDWIN FREDY
DICTAMINADOR**





DEDICATORIA

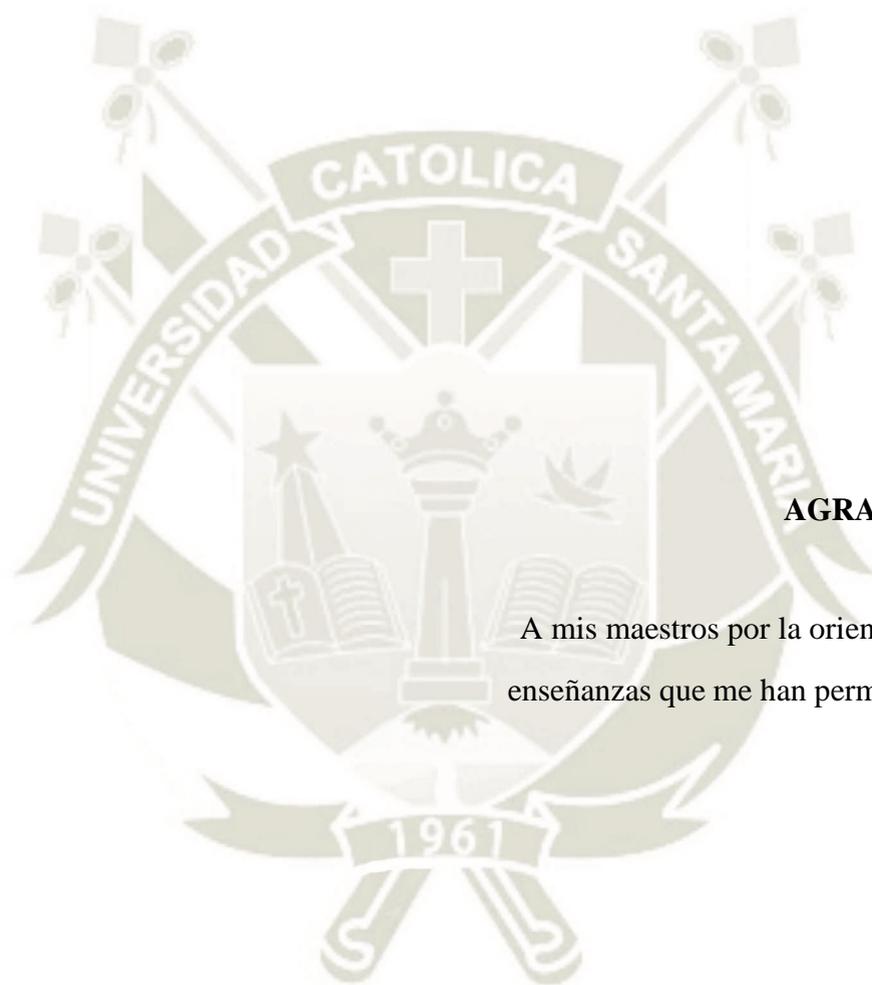
A mis queridos padres.





EPÍGRAFE

El ser humano es parte de la naturaleza y su guerra contra ella es,
inevitablemente, una guerra contra sí mismo. Rachel Carson



AGRADECIMIENTO

A mis maestros por la orientación y por sus enseñanzas que me han permitido lograr mis objetivos

INDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA	<i>ii</i>
EPÍGRAFE	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTO	<i>iv</i>
INDICE GENERAL	<i>v</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE TABLAS	<i>x</i>
LISTA DE ABREVIATURAS	<i>xi</i>
RESUMEN	<i>xiii</i>
ABSTRACT	<i>xii</i>
1. INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
2. OBJETIVOS	<i>4</i>
3. CAPÍTULO I – MARCOTEÓRICO	<i>5</i>
FUTURO SOSTENIBLE	<i>7</i>
<i>Crecimiento Poblacional</i>	<i>7</i>
CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL	<i>8</i>
SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	<i>9</i>
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	<i>10</i>
ENERGÍA Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	<i>11</i>
<i>Energía Hidroeléctrica</i>	<i>11</i>
<i>Combustibles Fósiles</i>	<i>12</i>
<i>Energía Solar Fotovoltaica</i>	<i>12</i>
<i>¿Qué es un sistema fotovoltaico?</i>	<i>13</i>
<i>Generación de materiales de células solares (fotovoltaicas)</i>	<i>13</i>
<i>Funcionamiento de la tecnología fotovoltaica</i>	<i>14</i>
ESTADIOS SUSTENTABLES	<i>16</i>
<i>Impacto Ambiental de Estadios</i>	<i>19</i>
<i>Características Técnicas de Iluminación en Estadios</i>	<i>23</i>
4. CAPÍTULO II – METODOLOGÍA	<i>37</i>
<i>Estudio de las características solares</i>	<i>37</i>
<i>Calculo energético del sistema solar fotovoltaico</i>	<i>37</i>
5. CAPÍTULO III – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	<i>41</i>

6. CONCLUSIONES	72
7. RECOMENDACIONES	73
8. REFERENCIAS	74



INDICE DE FIGURAS

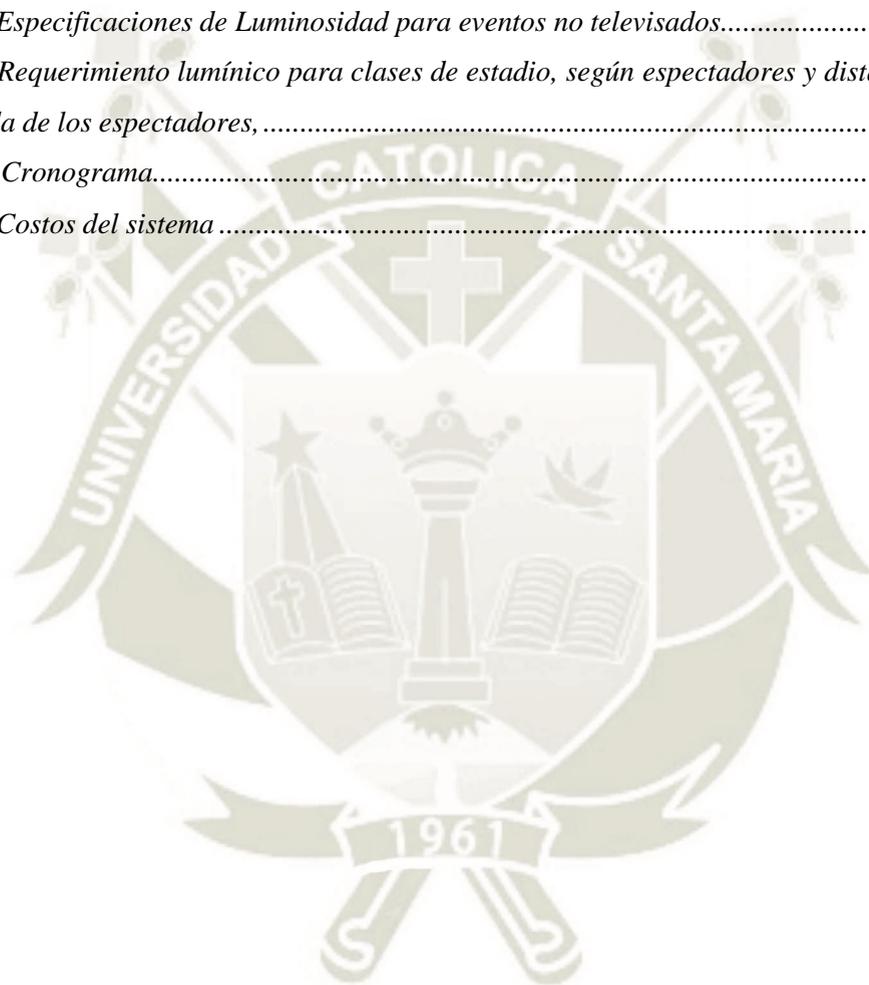
<i>Figura 1 - Estimación del crecimiento poblacional al año 2100.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 - Sostenibilidad débil y Sostenibilidad fuerte.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3 - Central hidroeléctrica del cañón del Pato, tomado de.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4 - Porcentajes de Instalaciones solares deportivas a nivel de Continente y a nivel de país</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5 - Modelos 3D del estadio Mineirao. Minas Gerais, Brasil.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6 - El análisis de la cobertura del estadio Pitucaçu en Salvador de Bahía, Brasil.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7 - Impacto Ambiental Sonoro en un estadio de fútbol, con amortiguamiento y sin amortiguamiento.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 - Impacto Ambiental Lumínico con mal diseño y con buen diseño,.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 - Impacto Ambiental lumínico (Área de Influencia).....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10 - Posición de sistemas de iluminación en eventos nacionales (Clase III), no televisados....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11 - Posición de sistemas de iluminación en eventos de liga y clubes (Clase II) no televisados.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 - Posición de sistemas de iluminación en eventos de entrenamiento y recreación.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13 - Posición de sistemas de iluminación en eventos nacionales televisados Clase IV).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 - Posición de sistemas de iluminación en eventos internacionales televisados Clase V)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15 - Bombilla HID de sodio de alta presión, ED18, tornillo Mogul (E39), lúmenes 50,000 lm, C400S51/2 tomado de https://www.grainger.com/.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 16 - Bombilla HID de sodio de alta presión, ED18, tornillo Mogul (E39), lúmenes 50,000 lm, C400S51/ALTO, https://www.grainger.com/.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17 - Proyectoras Circulares.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 18 - Proyectoras rectangulares.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19 - proyección sobre el terreno.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 20 - Primeras visitas In-situ.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 21 - Cornisa principal.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22 - Torre de Iluminación.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 23 - Reconocimiento de las afueras del estadio, la entrada principal, y de la distribución de sus áreas.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 24 - Fotografías de Visita nocturna del estadio Mariano Melgar.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 25 - Gallinazo de cabeza Roja, fotografiado con ayudada de Binoculares dentro del Estadio Mariano Melgar.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 26 - Reconocimiento de espacio disponible para la implementación del sistema fotovoltaico. 43</i>	
<i>Figura 27 - Cornisa de la Entrada principal del Estadio Mariano Melgar.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28 - Dimensiones del recinto del Estadio Melgar y alrededores, tomadas de Google Earth Pro.</i>	

.....	44
<i>Figura 29 - Dimensiones del césped deportivo dentro del estadio, sin incluir la pista de atletismo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 30 - Dimensiones tomadas de la cornisa actual, y de las tribunas laterales</i>	<i>44</i>
<i>Figura 31 - Requerimiento de Lux, considerando que el estadio tiene la capacidad para hasta 15000 espectadores.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 32 - Torre en 3D propiedad de Google Earth,, con capacidad para albergar hasta unas 20 lámparas HID.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 33 - Pre-dimensionamiento en Software PVsyst.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34 - Selección del tipo de Sistema a trabajar (en este caso Sistema aislado).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 35 - Selección del lugar</i>	<i>47</i>
<i>Figura 36 - Se coloca nombre al proyecto, y se selecciona la ubicación (país y ciudad)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 37 -Colocación de Coordenadas Geográficas.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 38 - Visualización en mapa interactivo.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 39 - Datos Climatológicos mensuales.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 40 – Trayectoria Solar en Arequipa</i>	<i>49</i>
<i>Figura 41 - Ángulo de Inclinación y grado de Acimut</i>	<i>50</i>
<i>Figura 42 - Distribución de las horas de uso</i>	<i>50</i>
<i>Figura 43 - Uso energético del sistema de lámparas (por lado de lámparas)</i>	<i>51</i>
<i>Figura 44 - Manejo general de parámetros del sistema (Orientación, Necesidades del usuario, Sistema, Perfiles, sombras cercanas, pérdidas detalladas, evaluación económica)</i>	<i>51</i>
<i>Figura 45 – Parámetros del sistema de Baterías.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 46 - Parámetros del sistema de paneles solares fotovoltaicos.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 47 - Ejecución de Simulación.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 48 - Layout del sistema</i>	<i>53</i>
<i>Figura 49 - Evaluación económica.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 50 – Diseño 3D del estadio Mariano Melgar en software Sketch Up, pasado posteriormente Lumion, a escala real, en su condición actual.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 51 - Alternativa ideada 1</i>	<i>55</i>
<i>Figura 52 - Vista simulada del estadio Melgar con todo su perímetro externo cubierto de vegetación arbórea, con 4 nuevas cornisas. (Alternativa I).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 53 - Toma cercana de los paneles fotovoltaico en simulación 3D de la alternativa 1, en modo nocturno.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 54 – Toma panorámica nocturna en Alternativa I.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 55 - Alternativa ideada II, con 4 bases de concreto con estructuras metálicas para ubicación de las lámparas reflectoras, sin torres, y de igual manera con vegetación arbórea a su alrededor.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 56 – Diseño de la base propuesta en software AutoCAD</i>	<i>58</i>
<i>Figura 57 - Toma cercana de los paneles fotovoltaico en simulación 3D de la alternativa II.....</i>	<i>59</i>

<i>Figura 58 - Toma cercana del lado de la Torre de Reloj del Estadio Mariano Melgar.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 59 – Toma desde la pista atlética, en simulación 3D, alternativa II.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 60 - Toma cercana de los reflectores sobre la nueva base</i>	<i>60</i>
<i>Figura 61 – Toma externa del estadio Mariano Melgar en simulación con aumento de vegetación arbórea.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 62 - Toma cercana de las afueras del estadio Mariano Melgar en simulación con aumento de vegetación arbórea</i>	<i>61</i>
<i>Figura 63 - Toma nocturna de una base propuesta en la alternativa II.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 64 - Toma panorámica nocturna en funcionamiento, alternativa II.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 65 - Toma cercana de aves I.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 66 - Toma cercana de aves II.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 67 - Hoja 1, Diseño Fotovoltaico.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 68 – Hoja 2 Diseño fotovoltaico</i>	<i>66</i>
<i>Figura 69 - Hoja 3, Diseño Fotovoltaico.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 70 - Hoja 4 Diseño Fotovoltaico.....</i>	<i>68</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 - Cincuenta estadios del mundo que recurren a la energía solar, tomado y editado de (Van del Linden & Szabolcs, 2018)</i>	17
<i>Tabla 2 - Ángulos de Iluminación y Distancias respectivas</i>	22
<i>Tabla 3 - Clases de sistema de iluminación según categorías FIFA</i>	23
<i>Tabla 3 Tabla 4 - Especificaciones de Luminosidad para eventos televisados (Tomado de (FIFA, 2007))</i>	26
<i>Tabla 5 - Especificaciones de Luminosidad para eventos no televisados</i>	26
<i>Tabla 6 - Requerimiento lumínico para clases de estadio, según espectadores y distancias a la fila más aleada de los espectadores,</i>	28
<i>Tabla 7 – Cronograma</i>	40
<i>Tabla 8 - Costos del sistema</i>	69



LISTA DE ABREVIATURAS

W: WATTS O VATIOS

KW: KILO WATT

PV: PHOTOVOLTAIC

LUX: LUXES

HSP: HORA SOLAR PICO

HID: DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

QPS: ENERGÍA ININTERRUMPIDA

FIFA: FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE FUTBOL ASOCIADO

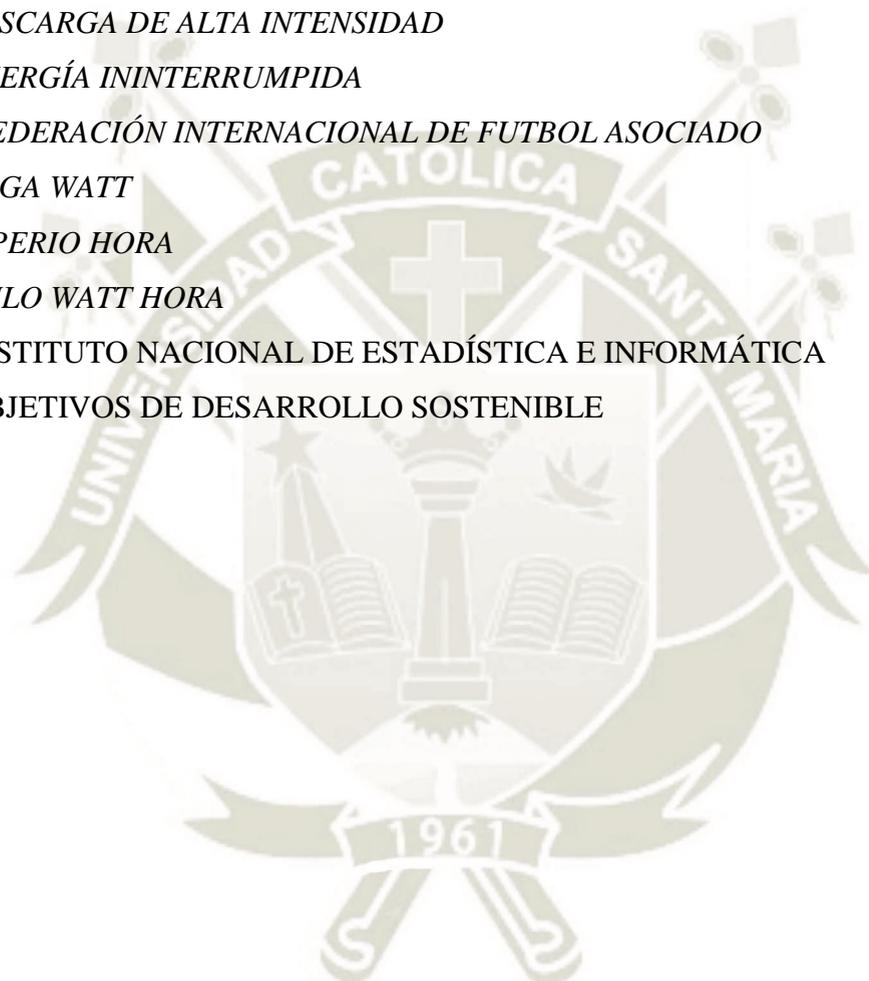
MW: MEGA WATT

AH: AMPERIO HORA

KWH: KILO WATT HORA

INEI: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ODS: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general proponer un estudio de rehabilitación sustentable del estadio Mariano Melgar con la implementación de un sistema solar fotovoltaico y así transformarlo a un sistema sustentable energéticamente.

Para cumplir el objetivo general se inició con el objetivo específico de realizar un reconocimiento de la infraestructura del estadio Mariano Melgar, condiciones actuales del estadio en relación a su estado de deterioro, funcionamiento, potencialidad de mejora respecto a la infraestructura, condiciones ambientales, y perspectiva social con la recolección de data en campo, mediante entrevistas al personal trabajador, e información bibliográfica, y posteriormente se trabajó con el software PVsyst para predimensionamiento, dimensionamiento y generación del reporte final de la propuesta técnica.

El estadio Mariano Melgar, es actualmente un recinto deportivo sin uso profesional, la primera razón es por el sistema eléctrico deficiente y peligroso siendo uno de sus componentes principales las torres que iluminan a dicho recinto, la segunda razón es por la pandemia COVID-19 que detuvo toda actividad deportiva a nivel nacional, ya que a pesar de lo mencionado anteriormente, sí se practicaba pero de manera poco frecuente y latercera razón es claramente por la falta de gestión de los gobiernos locales que no desarrollan proyectos viables aplicables por ejemplo al estadio que es objeto de estudio de esta investigación.

Se han propuesto 4 estructuras de concreto, con soportes metálicos para nuevos sistemas de luminarias (10 por cada uno). El tipo de módulo fotovoltaico es de Policristalino de Silicio, 2 módulos de 20 cadenas, es decir de 40 módulos fotovoltaicos, la potencia unitaria de panel es de 445WP y de potencia global del generador 17,80Kwp, Superficie de módulos de $104 m^2$, Respecto a la batería, es de 48V de Litio-ion, LCO, capacidad nominalde 1620 Ah, 30 unidades en paralelo, (día de autonomía 1). Número de lámparas a usar (10lámparas HID) de 1000 watts por lámparas, con un uso de 6 horas por día, generando un total de 60000 watts-hora/día. Se concluye en que es un sistema viable, con un tiempo de retorno de gastos en 3.7 años

Palabras claves:

Rehabilitación Sustentable, Energía Solar fotovoltaica, Estadio Mariano Melgar, Sustentabilidad.

ABSTRACT

The general objective of this research was to propose a study of sustainable rehabilitation of the Mariano Melgar stadium with the implementation of a photovoltaic solar system and thus transform it into an energy-sustainable system.

To meet the general objective, it began with the specific objective of diagnosing current conditions of the stadium in relation to its state of deterioration, operation, potential for improvement of the infrastructure, environmental conditions, and social perspective with the collection of data in the field, through interviews with the working staff, and bibliographic information, and later we worked with the PVsyst software for predimensioning, sizing and generation of the final report of the technical proposal.

The Mariano Melgar stadium, is currently a sports venue without professional use, the first reason is due to the deficient and dangerous electrical system being one of its main components the towers that illuminate said enclosure, the second reason is due to the COVID-19 pandemic that stopped all sports activity nationwide, since despite the aforementioned, it was practiced but in a rare way and the third reason is clearly due to the lack of management of local governments that do not develop viable projects applicable for example to the stage that is the object of study of this research.

4 concrete structures have been proposed, with metal supports for new luminaire systems (10 for each). The type of photovoltaic module is Silicon Polycrystalline,

2 modules of 20 chains, that is, of 40 photovoltaic modules, the unit power of panel is 445WP and of global power of the generator 17.80Kwp, Surface of modules of 104 m^2 ., Regarding the battery, it is 48V of Lithium-ion, LCO, nominal capacity of 1620 Ah, 30 units in parallel, (day of autonomy 1).

Number of lamps to use (10 HID lamps) of 1000 watts per lamp, with a use of 6 hours per day, generating a total of 60000 watt-hour/day.

It is concluded that it is a viable system, with a return time of expenses in 3.7 years

Key words:

Sustainable Rehabilitation, Photovoltaic Solar Energy, Mariano Melgar Stadium.
Sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de aprovechar los beneficios de los espacios públicos construidos y mejorar las condiciones de vida de los habitantes, se necesitan técnicas, herramientas y nuevos materiales (ecoamigables). Esto en vista de su integración en nuevos proyectos con espíritu de construcción que lleva a edificios y barrios menos contaminantes y que puedan contribuir al desarrollo sustentable. La relación entre lo sustentable y lo confortable genera un entorno construido con estilo de vida inteligente, se puede garantizar a través de la adopción de tecnologías modernas.

El estadio Mariano Melgar de la ciudad de Arequipa-Perú como sistema ambiental convencional posee los siguientes datos: El requerimiento de energía eléctrica del estadio Mariano Melgar de Arequipa es elevado, en los últimos 13 meses se registraron valores que van de 263 Kw/h a 1234 kw/h por mes (Nro de Contrato 10551), y considerando que el nivel de actividades deportivas este año ha sido bastante bajo, este mes de Junio se llegó a 539 Kw/h, la cual es una cifra promedio de este año, en los años anteriores (pre- pandemia) estos niveles eran más elevados aún, es decir, lo que generaba un gasto promedio de 471.6 soles al mes, lo que traducido en términos ambientales modernos se describe como sistema ambiental no autosustentable, representando a un sistema arquitectónico vinculado a una fuente energética

En el Capítulo I se desarrolla el marco teórico comprende diferentes aspectos teóricos relacionados el cambio se pretende con el estadio Mariano Melgar, para que pueda adoptar el calificativo de Sustentable en terminología ambiental, ya que entendemos el papel del cuidado del medio ambiente en el desarrollo de proyectos civiles o arquitectónicos. Se habla sobre el futuro sostenible, la contaminación ambiental, cambio climático, sustentabilidad y sostenibilidad ambiental, energía y sistemas fotovoltaicos, estadios sustentables, impacto ambiental de los estadios, e iluminación, que ayudarán a entender el propósito mismo de la tesis.

En el Capítulo II se divide en base metodológica y materiales, se desarrolla la metodología, utilizando técnica de recolección de datos in.situ, utilización de software para modelamiento realista del estadio Melgar, considerando ubicación espacial el dimensionamiento . Utilización de software fotovoltaico PVSyst 6.7 para trabajo de cálculos de energía, del pre-

dimensionamiento del sistema fotovoltaico y dimensionamiento posterior.

El Capítulo III expone los resultados de los objetivos planteados, y los discute, haciendo énfasis en el aporte ambiental de la propuesta generada, para el estadio Mariano Melgar así como para el medio social local arequipeño y nacional.

Se finalizó con 6 conclusiones de la investigación realizada. Se añade también recomendaciones de la investigación.

Adentrándonos en la rehabilitación en el campo de la ingeniería civil, ambiental y arquitectónica se centra en el patrimonio monumental u otros espacios de carácter histórico, que se encuentran en uso desde hace tiempo y necesita ser adaptados a las exigencias del presente (efectos del cambio climático, confort higrotérmico, eficiencia energética, etc.). Es un proceso que se aborda con metodologías de diagnóstico, diseño y estrategias de rehabilitación.

Para ello, la investigación y el desarrollo de las energías renovables nos ha demostrado con el paso del tiempo que son una alternativa muy importante frente al consumo energético tradicional, La energía fotovoltaica permite el ahorro energético y a su vez alcanzar la sustentabilidad de estos sistemas, contribuyendo con el medio ambiente, reduciendo la contaminación presente en las generadoras de energía convencionales.

No solo es el hecho de pensar en aplicar la tecnología solar fotovoltaica para la rehabilitación sustentable de un espacio construido, sino de vincular elementos dentro de un sistema, para así afectar a la totalidad o casi totalidad, esto mediante el conocimiento completo de la infraestructura en sentido arquitectónico, civil y ambiental.

La actividad del sistema energético convencional del estadio Mariano Melgar repercute “silenciosamente” en impacto ambiental. La función principal de este espacio es de servir a la actividad deportiva, las luminarias y reflectores están en una situación de “perpetuidad”, y en desuso actualmente por la situación de emergencia sanitaria vigente que impide desarrollar actividades deportivas en el ámbito nacional, además probablemente por el excesivo consumo energético es que se limitan las horas de funcionamiento del sistema convencional eléctrico del Estadio Mariano Melgar.

El ministerio del Ambiente según el Decreto Supremo 012-2009- MINAM que aprueba la política nacional del ambiente y en esta promueve el uso de energías renovables en todo el Perú en espacio público.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERAL

Proponer un estudio de rehabilitación del Estadio Mariano Melgar (Arequipa-Perú) a través de la implementación de un sistema solar fotovoltaico, para su conversión a sistema sustentable (autosuficiente) energéticamente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Reconocimiento de la infraestructura del estadio Mariano Melgar (condiciones actuales del estadio en relación a su estado de deterioro, funcionamiento, potencialidad de mejora en infraestructura, condiciones ambientales).
2. Diagnosticar la situación actual del sistema de iluminación convencional del estadio Mariano Melgar.
3. Determinación de los parámetros del sistema solar propuesto para el estadio Mariano Melgar.
4. Determinar el beneficio de la implementación de un sistema solar fotovoltaico propuesto en el estadio Mariano Melgar para las actividades deportivas que se realicen post-pandemia.
5. Analizar el Costo-beneficio de la propuesta.

2.3 HIPÓTESIS

Se conoce que el estadio Mariano Melgar con el paso del tiempo se ha ido deteriorando dada la falta de importancia que le dan las autoridades locales, y ha pasado al desuso por la ineficiente gestión del sistema energético, ya que viene utilizando un sistema convencional y sin mantenimiento, es posible que la propuesta de un sistema solar fotovoltaico rehabilite y convierta al estadio Mariano Melgar en el primer estadio energético sustentable de la región Arequipa, para concentrar actividades deportivas por lo menos de categoría regional, que incentiven la expansión de la aplicación de energías renovables en recintos nacionales.

3. CAPÍTULO I – MARCO TEÓRICO

FUTURO SOSTENIBLE

Según la Doctora Jaramillo, en su artículo “Bioeconomía: el futuro sostenible”, hace mención que:

El mundo encara una serie de grandes desafíos ambientales, económicos y sociales que deben ser atendidos para asegurar un futuro con bienestar. Con la adopción de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y la puesta en marcha de la Agenda 2030 en respuesta al cambio climático progresivo y la vulnerabilidad de algunas regiones, los recursos naturales finitos, la seguridad alimentaria y nutricional, así como las desigualdades sociales, la comunidad mundial (representada en los 197 estados que respaldaron dichos objetivos), ha reconocido el imperativo ético y social de promover un futuro con sostenibilidad social, ambiental y económica. El trasfondo general de dicha respuesta es la necesidad de evolucionar hacia un nuevo sistema económico basado en la integración del conocimiento para el uso sostenible de los recursos biológicos mediante el aprovechamiento de todos los productos y subproductos de los procesos relacionados con recursos biológicos, reduciendo tanto la generación de residuos, de desechos y de contaminación, así como la emisión de gases de efecto invernadero. (Jaramillo, 2018)

Entendemos que ya en los proyectos actuales en materia civil, arquitectónica, se piensa mucho en el aspecto ambiental y de contribuir al desarrollo de un futuro sostenible.

Crecimiento Poblacional

A continuación, se muestra una gráfica de estimación de crecimiento poblacional al 2100.

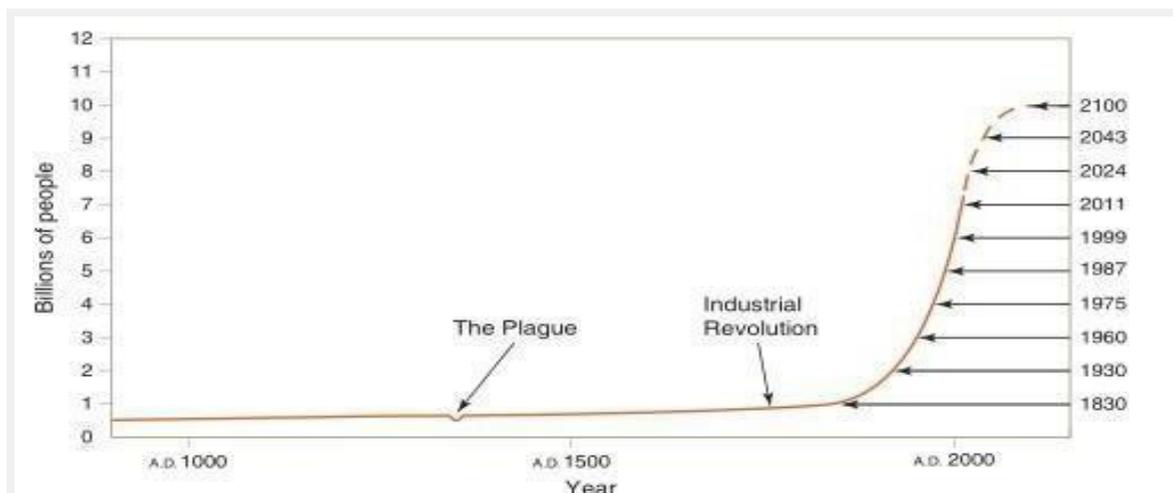


Figura 1 - Estimación del crecimiento poblacional al año 2100

tomado de (Wright, Richard T., 2019)

La Figura A muestra el crecimiento de la población humana durante los últimos 2000 años. La pendiente larga y lenta es seguida por una subida rápida.

La población total estimada del Perú al día del censo, 22 de octubre del 2017 es de 31 millones 237 mil 385 habitantes. INEI(2017)

CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Desde al menos la década de 1970, el cambio climático de la Tierra ha sido un tema de noticias popular. A pesar de que los científicos han estado estudiando diversos aspectos del clima durante siglos, mucho sobre el clima sigue siendo turbio para el público en general, y es comprensible que así sea. Las fuerzas que impulsan los climas del mundo son complejas y dependen de factores tan diversos como geografía, topografía, emisiones en la radiación solar, y vulcanismo. Los bucles de retroalimentación son numerosos: el clima de una región determina los tipos de vegetación que allí se encuentran; sin embargo, la cubierta vegetal a su vez afecta la temperatura y las precipitaciones en un área. Además, las condiciones climáticas pueden ser muy difíciles de períodos tan cortos como un día y tan largos como millones de años. Antes de abordar el cambio climático,

es importante entender la dinámica del clima de la Tierra, y cómo el clima interactúa con los seres vivos y otras partes del sistema de la Tierra. Así que entender el calentamiento global es hacerlo a lo largo de la historia de la Tierra antes de investigar las causas, efectos, y respuestas científicas y de política pública actuales al fenómeno del calentamiento global. (Rafferty, 2011)

El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como el Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores ya que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana. Este informe otorga una descripción general sobre el fenómeno de cambio climático, así como el contexto global en el que éste se interrelaciona, enfocando el análisis en las consecuencias e impactos económicos tanto para la economía global como para la peruana. (Vargas, 2013)

SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Ante la creciente preocupación mundial y la toma de conciencia por la difícil situación ambiental del planeta que tiende a empeorar rápidamente, el concepto de sostenibilidad se ha hecho cada vez más popular. Los políticos y ciertos sectores económicos se han apropiado del término irresponsablemente y lo han vulgarizado, al punto que su idea o sentido original se ha perdido. Los gobiernos y sus propuestas económicas son sostenibles, las empresas son sostenibles y hasta se oyen propuestas tan absurdas como que la guerra es sostenible, como sucedió con la invasión a Irak. (Wright, Richard T., 2019)

Tabla N°1 – Diferencias entre Sostenibilidad Débil y Sostenibilidad fuerte, tomado de (del Castillo, 2010)

Sostenibilidad débil	Sostenibilidad fuerte
Concepto antropocéntrico	Concepto ecológico
Concepto mecanicista.	Concepto sistémico.
Sostenibilidad relacionada con la viabilidad socioeconómica.	Sostenibilidad relacionada con el ecosistema y el sistema socioeconómico.
Sostenibilidad compatible con el crecimiento.	Sostenibilidad incompatible con el crecimiento.
Capital natural sustituible por capital humano.	Capital natural complementario con capital humano.
La sustituibilidad exige monetización del medio natural.	Los recursos, los procesos y los servicios naturales no son cuantificables económicamente.
El desarrollo sostenible en realidad es sostenido.	Evolución sostenibles.
Medio ambiente localista.	Medio ambiente global y sistémico.

Figura 2 - Sostenibilidad débil y Sostenibilidad fuerte

El desarrollo sostenible o sustentable es un concepto que aún se encuentra en proceso de definición, sin que haya consenso sobre su significado definitivo.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Muchos de los peligros que encontramos, especialmente los químicos y los peligros biológicos, podrían considerarse contaminantes. La EPA (Agencia de Protección ambiental de los estados unidos) define la contaminación como "la presencia de una sustancia en el medio ambiente que, a causa de su composición química o cantidad, impide el funcionamiento de procesos naturales y produce indeseables efectos ambientales y sobre la salud". Cualquier material que cause la contaminación se denomina contaminante. Casi cualquier cosa puede ser un contaminante, incluido el mercurio de las operaciones mineras, el cólera en el agua insalubre, o radiación de los residuos nucleares. Incluso la luz y el ruido pueden ser contaminantes. El único criterio es que la adición de un contaminante da lugar a cambios indeseables. El impacto de un indeseable el cambio puede ser en gran medida estético, como la antiestética de basura al borde de la carretera. El impacto puede ser en los ecosistemas como un todo: la muerte de peces o bosques, por ejemplo. El impacto puede ser en la salud humana, como los desechos humanos contaminación de los suministros de agua. El efecto de un contaminante puede ser tan directo como un veneno, o tan indirecto como una destrucción química. (Orozco et al., 2003)

ENERGÍA Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Energía Hidroeléctrica

El Perú es un país tradicionalmente hidroeléctrico, la primera central minihidráulica fue Carhuaquero IV, con una potencia instalada de 10 MW en 2008, y que se encontraba en operación cuando se realizó la primera subasta RER el 12 de febrero de 2010. En 2018, el Perú registró un total de 25 centrales minihidráulicas con una potencia instalada total de 298.86 MW: siete iniciaron operaciones ese año (Renovandes H1, HER I, Ángel I, II y III, Carhuac y Zaña), incrementando así la potencia instalada en 110.66 MW. Las minihidráulicas se concentran en Lima, Junín y Cajamarca y su producción eléctrica fue de 1290.9 GWh en 2018. Lideró la producción Ege Junín, con las centrales de Runatullo I yII (239.9 GWh); en segundo lugar, se ubicó la firma Santa Cruz, con Huasahuasi I y II, Santa Cruz I y II (176.9 GWh). (Osinermin, 2019)

Como uno de los más importantes aportantes energéticos del país, Cañón del Pato tiene una importancia vital para el desarrollo del Perú. Asimismo, la correcta gestión de los recursos hídricos se ha convertido en clave para el desarrollo de la agricultura desde las alturas altoandinas, donde prevalece la agricultura de autosubsistencia, hasta su desembocadura en la costa peruana, con esquemas agrícolas industrializados. De ahí que en el año 2009 comuneros vinculados a la laguna Parón tomarán las instalaciones de generación para exigir el control del agua. Este problema llevó a la conformación de una Mesa de Diálogo entre la empresa, comunidades y autoridades, lográndose concluir efectivamente el proceso en febrero de 2014. La central hidroeléctrica Actualmente la planta tiene una potencia efectiva de 263 MW. La central aprovecha las aguas del río Santa, el cual tiene una cuenca de captación de 4,897 Km². En 1992 se pusieron en servicio los embalses de las lagunas de Parón y Cullicocha; en el 2003 la laguna de Aguascocha y en el 2005 la laguna de Rajucolta que en conjunto aportan 70 millones de m³ en la época seca. Estos embalses constituyen un valioso aporte para incrementar la generación de la central. (Osinermin, 2019)



Figura 3 - Central hidroeléctrica del cañón del Pato, tomado de

<https://www.huarazturismo.com/>

Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles desempeñan un papel dominante en el sistema energético mundial. Con facilidad para desarrollar y extraer recursos convencionales que se agotan rápidamente, los recursos de combustibles fósiles no convencionales desempeñarán un papel importante en el futuro. Con avances en la tecnología, como la perforación horizontal y la hidrofractura, los recursos no convencionales como el gas de esquisto y el gas de veta de carbón están desempeñando cada vez más un papel más importante en la huella actual de los combustibles fósiles. Por lo tanto, es imperativo comprender su configuración, ocurrencia y distribución global de estos recursos energéticos no convencionales. Los recursos disponibles en la tierra, su distribución geográfica y recursos potencial, sus perspectivas potenciales y los desafíos tecnológicos a los que se enfrenta su extracción y explotación, es el presente de investigación científica ambiental, en el campo de energías renovables. (Kutz & Elkamel, 2010)

Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. Los sistemas fotovoltaicos son una

alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región Arequipa dispone durante todo el año de abundante radiación solar. Según las clasificaciones de la intensidad de la radiación solar en diferentes regiones del mundo, el sur del Perú es una región muy privilegiada con respecto del recurso solar disponible, aunque siempre es necesario evaluar el potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico. La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico. (PNUD, 2002)

¿Qué es un sistema fotovoltaico?

Un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- i. El módulo o panel fotovoltaico
- ii. La batería
- iii. El regulador de carga
- iv. El inversor
- v. Las cargas de aplicación (el consumo)

Generación de materiales de células solares (fotovoltaicas)

Las células solares de primera generación se basan en la tecnología de oblea

de Silicio. Las células incluyen células solares de silicio monocristalino y policristalino. Estos son células solares de una sola unión con una eficiencia teórica del 33 %. La tecnología de procesamiento involucrada para la fabricación de células solares de primera generación requiere alta energía y mano de obra. La eficiencia de conversión de energía de la célula solar de primera generación es del 15 al 20 %. Estas células solares son ampliamente utilizadas entre todas las generaciones de células solares. (Tiwari et al., 2016)

Las células solares de segunda generación incluyen las células solares amorfas. La eficacia de estas células solares es baja en comparación con las células solares de primera generación, pero su coste de producción es bajo. Esta tecnología de células solares no requiere un procesamiento a alta temperatura a diferencia de las células solares de primera generación. Los materiales de células solares de segunda generación incluyen CdTe, CGSI (CuInGaSe₂), a-Si y silicio micromorfo. Las células solares de segunda generación se fabrican depositando el film delgado de los materiales anteriores en los sustratos (Si, vidrio o cerámica) utilizando la deposición química de vapor, la epitaxia molecular o la técnica de recubrimiento. (Tiwari et al., 2016)

Las tecnologías de tercera generación se centran principalmente en la mejora de la eficiencia de conversión de energía y el coeficiente de absorción de luz de las células solares de segunda generación, manteniendo al mismo tiempo el coste de producción cercano al de las células solares de segunda generación. La mejora de la eficiencia puede lograrse mediante la fabricación de células solares de multi-unión, la mejora de los coeficientes de absorción de luz (células solares concentradoras) y el uso de técnicas para aumentar la colección de portadoras. (Tiwari et al., 2016)

Funcionamiento de la tecnología fotovoltaica.

La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga

en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías. También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación. Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o quemaduras de ácido accidentales. Al igual de lo que sucede con los módulos fotovoltaicos, se recomienda la ayuda de un conocedor del tema para que sugiera el tipo de batería que más conviene a una instalación fotovoltaica particular. En términos generales, se debe adquirir baterías fotovoltaicas de calidad, que cumplan al menos las especificaciones mínimas. (PNUD, 2002).

Las baterías de litio tienen cierta ventaja a comparación de las baterías plomo-ácido sulfúrico por ser más durables y tienen la capacidad de tener mayor número de recargas, son actualmente utilizadas en coches eléctricos, en sistemas fotovoltaicos y para electrodomésticos modernos, no emiten gases tóxicos ni contaminantes, tardan menos tiempo en cargarse, por lo que tienden a tener mayor coste en el mercado. (Olof Ramström, 2019)

ESTADIOS SUSTENTABLES

Los estadios son construcciones, que requieren cantidades enormes de energía. Todo, desde las luces del estadio hasta los servicios de almacén, las instalaciones de entrenamiento y la infraestructura de base requieren de energía. Sin lugar a dudas los estadios son grandes oportunidades para aplicaciones de energía solar, No sorprende, entonces, que ya desde comienzos de la década de 1990, aunque en crecimiento desde la de 2000, más y más deportes se vuelquen hacia la energía solar para alimentar sus instalaciones. La gestión de estadios opta por paneles fotovoltaicos y otros dispositivos de energía solar como resultado de una decisión. (Van del Linden & Szabolcs, 2018)

A nivel mundial en los últimos años, los conceptos de sostenibilidad y eficiencia energética han estado en foco de modo creciente. Un número mayor de instalaciones deportivas ha llegado a la energía solar como un intento para mejorar su perfil de sostenibilidad a la hora de generar energía. En muchos casos, la solarización de los estadios se dio como consecuencia de iniciativas de gran escala. Una de las más importantes de este tipo fue la decisión del Comité Olímpico Internacional de incluir medidas de protección al medioambiente como uno de los requisitos para ser anfitrión de los Juegos Olímpicos. Los sistemas fotovoltaicos y colectores de calor fueron las tecnologías renovables más populares que se han utilizado tanto en estadios olímpicos, como en otras instalaciones deportivas. (Van del Linden & Szabolcs, 2018)



Figura 4 - Porcentajes de Instalaciones solares deportivas a nivel de Continente y a nivel de país

(Van del Linden & Szabolcs, 2018)

Podemos apreciar en la siguiente imagen una vista aérea del estadio Mineirao Oficialmente Estádio Governador Magalhães Pinto es el estadio de fútbol más grande del estado de Minas Gerais. Fue establecido en 1965, y se encuentra en Belo Horizonte, actualmente es un estadio ejemplar, que vincula diseño arquitectónico y diseño fotovoltaico. (Zomer et al., 2014), y más

abajo en la figura 5. Se puede apreciar la distribución fotovoltaica de otro estadio brasileño, el Pituacu, perteneciente al estado de Salvador de Bahía

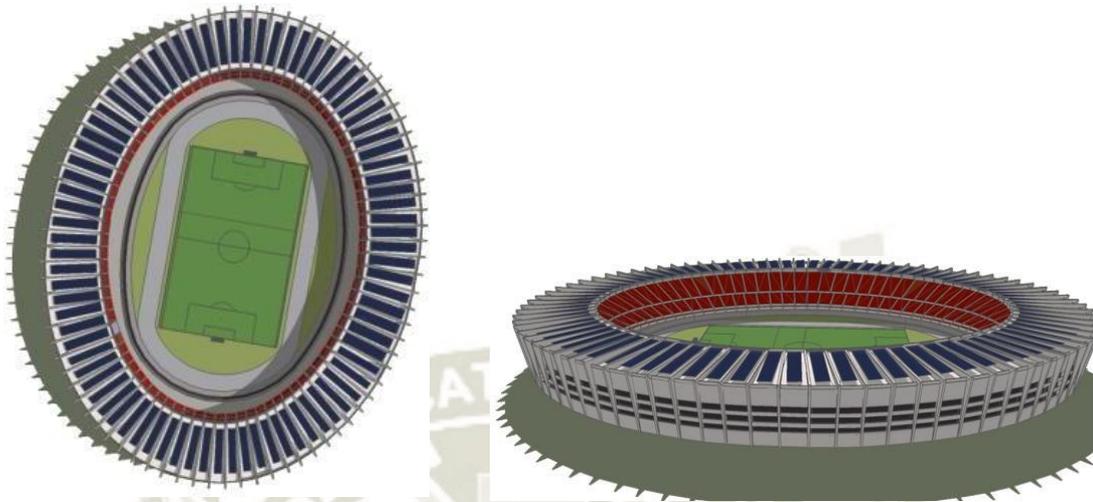


Figura 5 - Modelos 3D del estadio Mineirao. Minas Gerais, Brasil

(Zomer et al., 2014)



Figura 6 - El análisis de la cobertura del estadio Pituacu en Salvador de Bahía, Brasil

(Zomer et al., 2014)

Tabla 1 - Cincuenta estadios del mundo que recurren a la energía solar, tomado y editado de (Van del Linden & Szabolcs, 2018)

	Nombre	Tamaño	Equipo	Deport	Locación	País	Año	Panele
1	Indianapolis	9.000	-	Automovi	Speedway	EE.	2014	39.312
2	TT Circuit	5.600	-	Automovi	Assen	Países	2016	21.000
3	Lincoln Financial	3.000 kWp	Philadelphia Eagles	Fútbol americano	Filadelfia	EE. UU.	2010	11.000
4	Pocono	3.000	-	Automovi	Blakeslee	EE.	2010	39.960
5	Mané Garrincha	2.500 kWp	Brasilia y Legiao Futebol Clube	Fútbol	Brasilia, DF	Brasil	2013	9.600
6	Eissport y Bussballarena	2.100 kWp	Biel Bienne y otros	Hockey sobre	Biel/Bienne	Suiza	2015	7.000
7	Río Tinto	2.020	Real Salt Lake	Fútbol	Sandy	EE.	2015	6.500
8	FedEx	2.000 kWp	Washington Redskins	Fútbol americano	Landover	EE. UU.	2011	8.000
9	Mineirao	1.420 kWp	Cruzeiro, Atlético Mineiro	Fútbol	Belo Horizonte	Brasil	2014	6.000
1	Antalya	1.400	Antalyaspor	Fútbol	Antalya	Turqu	2015	5.600
1 1	Stade de Suisse	1.350 kWp	BSC Young	Fútbol	Berna	Suiza	2005	8.000
1 2	Thialf Ice	1.350 kWp	-	Patinaje sobr	Heerenveen	Países Bajos	2016	5.000
1	Allianz Riviera	1.342	OGC Nice	Fútbol	Niza	Franci	2013	4.000
1 4	Mercedes-Benz	1.300 kWp	Atlanta Falcons	Fútbol America	Atlanta	EE. UU.	2017	4.000
1 5	Weser	1.270 kWp	Werder Bremen	Fútbol	Bremen	Alem ania	2011	200.000 celdas
1	Johan Cruijff	1.128	Ajax	Fútbol	Ámsterdam	Países	2014	4.200
1	National Stadium	1.000	-	No	Kaohsiung	Taiwá	2009	8.844
1	Thyagraj	1.000	-	No	Nueva	India	2010	
1 9	Itaipava	1.000 kWp	Clube Náutico Capibaribe	Fútbol	Sao Lourenc	Brasil	2014	3.650
2 0	Gillette	1.000 kWp	New England Patriots	Fútbol american	Foxboroug h	EE. UU.	2012	
2 1	Bentegodi	1.000 kWp	Hellas Verona y Chievo	Fútbol	Verona	Italia	2009	13.300
2 2	Signal Iduna	924 kWp	Borussia Dortmund	Fútbol	Dortmund	Alem ania	2011	9.000
2	Galgenwaard	817	FC Utrecht	Fútbol	Utrecht	Países	2017	3.400
2 4	Century Link	800 kWp	Seattle Seahawks	Fútbol american	Seattle	EE. UU.	2011	3.750
2	Kyocera	725	ADO Den	Fútbol	The Hague	Países	2014	2.900
2 6	Steigewaldstadion	724 kWp	FC Rot- Weiss	Fútbol	Erfurt	Alem ania	2016	
2 7	TD Bank Ballpark	515 kWp	Somerset Patriots	Béisbo l	Nueva Jersey	EE. UU.	2013	3.456
2 8	Fonte Nova	500 kWp	Esporte Clube Bahia	Fútbol	Salvador	Brasil	2014	
2 9	Wells Fargo	497 kWp	Arizona State Sun Devils	Fútbol americano	Tempe	EE. UU.	2011	2.072
3 0	Pituacu	403 kWp	-	No especifica	Salvador	Brasil	2012	
3	M. Chinnaswamy	400	Royal Challengers	No	Bangalore	India	2015	1.422
3 2	Maracana	400 kWp	Fluminense Football	Fútbol	Río de Janeiro	Brasil	2013	1.556
3 3	Levi's	375 kWp	San Francisco 49ers	Fútbol americano	Santa Clara	EE. UU.	2014	1.162
3 4	Safeco	368 kWp	Seattle Mariners	Béisbol	Seattle	EE. UU.	2012	
3 5	Staples Center	364 kWp	LA Kings	Básquet	Los Ángeles	EE. UU.	2013	1.727

36	Sonoma	354 kWp	-	Automovilismo	Sonoma	EE. UU.	2013	1.652
37	Townsville RSL	348 kWp	Townsville Fire	No especifica	Annandale	Australia	2012	1.800
38	Petco Park	336 kWp	San Diego Padres	Béisbol	San Diego	EE. UU.	2018	716
39	Metlife	314 kWp	New York Jets	Fútbol americano	East Rutherford	EE. UU.	2012	1.350
40	De Meent IJsbaan	305 kWp	-	No especifica	Alkmaar	Países Bajos	2015	
41	The Hangar	300 kWp	Lancaster JetHawks	Béisbol	Lancaster	EE. UU.	2010	1.500
42	Euroborg	273 kWp	FC Groningen	Fútbol	Groningen	Países Bajos	2014	1.100
43	Alejandro Morena Soto	260 kWp	Liga Deportiva	Fútbol	Alajuela	Costa Rica	2015	864
44	Schwarzwald	259 kWp	SC Freiburg	Fútbol	Friburgo	Alemania	1995	
45	AFAS	245 kWp	AZ	Fútbol	Alkmaar	Países Bajos	2015	1.725
46	Talking Stick Resort	227 kWp	Phoenix Suns	Básquet	Phoenix	EE. UU.	2012	966
47	NRG	221 kWp	Houston Texans	Fútbol americano	Houston	EE. UU.	2015	600
48	Avaya	220 kWp	San Jose Earthquakes	Fútbol	San José	EE. UU.	2015	882
49	Carrara	220 kWp	Gold Coast Suns	Fútbol	Carrara	Australia	2011	600
50	Oracle	164 kWp	Golden State Warriors	Básquet	Oakland	EE. UU.	2010	537
51	Estadio Jorge Luis Hirschi	12Kwp	Estudiantes de la Plata	Fútbol	Buenos Aires	Argentina	2008	30
52	Estadio Atanasio Girardot	30Kwp	Atlético Nacional e Independient e Medellín	Fútbol	Medellín	Colombia	2015	80

La tabla 1 muestra estadios de diferentes disciplinas deportivas, potencias instaladas, número de paneles fotovoltaicos por estadio y datos de la ciudad, equipo, país y año en el que se hizo la instalación del sistema solar.

Impacto Ambiental de Estadios

Green Goal™ la FIFA se ha embarcado en una iniciativa para abordar la sostenibilidad ambiental a través del programa Green Goal™, una iniciativa que la FIFA espera plenamente que sus socios se impongán. Los principales objetivos del programa son: la reducción del consumo de agua potable, la evitación y/o reducción de residuos, la creación de un sistema energético más eficiente y el aumento del uso del transporte público a los eventos de la FIFA. Estos objetivos deberían contribuir al establecimiento de un clima neutro en lo que respecta a

las emisiones de gases de efecto invernadero. El programa, que comenzó durante los preparativos para la Copa Mundial de la FIFA 2006™ en Alemania, formará parte del legado de la FIFA de la Copa Mundial de la FIFA 2006™ y debería extenderse a otros eventos de la FIFA, especialmente a las futuras Copas Mundiales de la FIFA™. (FIFA, 2007)

Agua

Se debe examinar un uso más responsable del agua potable para fines de riego. Green Goal™ sugiere el almacenamiento de agua de lluvia para apoyar el ciclo del agua. Se podrían obtener más ahorros potenciales mediante la instalación de tecnología de ahorro de agua en accesorios sanitarios durante la fase de construcción.

Residuos

Un costo importante de la gestión del estadio es la eliminación de residuos. Para limitar la cantidad de residuos generados, Green Goal™ propone la reutilización de envases de bebidas, el reciclaje a través de la separación de la recogida de residuos y la introducción de productos de alimentación y comercialización sin envases.

Energía

Las actividades de ahorro de energía deben explotarse en el diseño y la construcción de estadios. Las áreas potenciales de ahorro de energía incluyen: el uso de fuentes de energía fotovoltaicas, la insolación y protección del vidrio en el exterior del edificio para reducir el uso de aire acondicionado y el uso de sistemas de control de edificios controlados centralmente para administrar mejor la energía durante los períodos de máxima demanda.

Transporte

Un área importante de la gestión de estadios y eventos es el transporte de espectadores a las instalaciones. Objetivo verde™ fomenta la prevención del transporte innecesario y el uso de sistemas de transporte público como autobuses y trenes, que deben diseñarse para optimizar los sistemas de motores y combustibles.

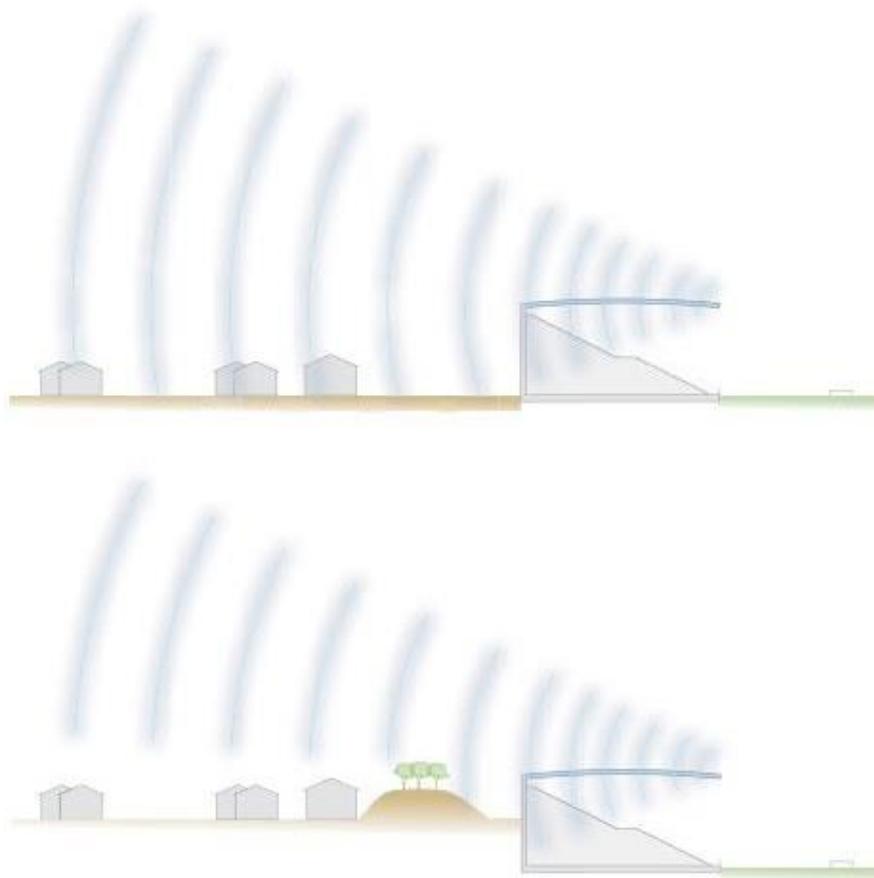


Figura 7 - Impacto Ambiental Sonoro en un estadio de fútbol, con amortiguamiento y sin amortiguamiento ,tomado de (FIFA, 2007)

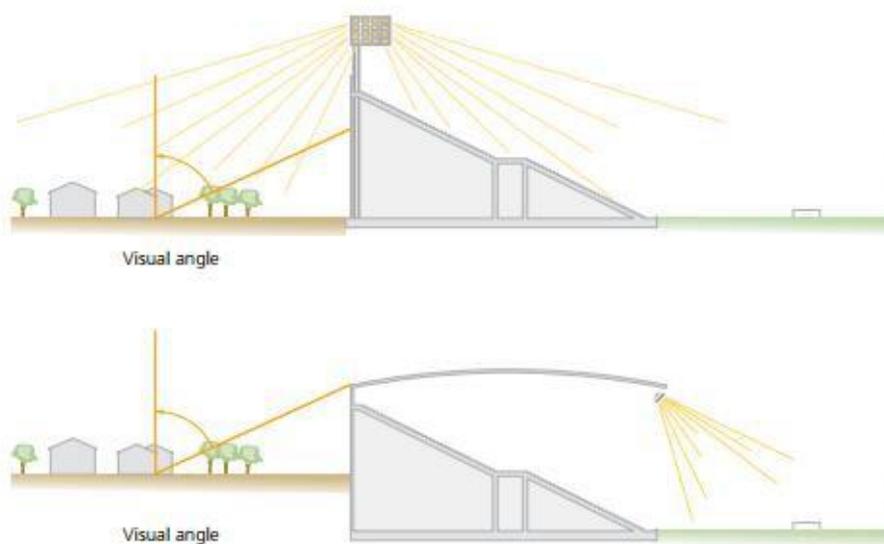


Figura 8 - Impacto Ambiental Lumínico con mal diseño y con buen diseño, tomado de (FIFA, 2007)

La contaminación lumínica y la intrusión lumínica no deseada se dividen en dos categorías: iluminación de derrames, que es la luz que sale del perímetro del estadio que es medible; y el deslumbramiento, que es un brillo excesivo en el campo de visión normal para peatones y automovilistas fuera del estadio. Este impacto en las comunidades locales es fundamental para la seguridad, la experiencia del cielo oscuro y el bienestar de los países y ciudades a los que sirven. Las nuevas especificaciones de diseño deben incluir reflectores de corte afilados y reflectores de alta eficiencia para eventos televisados. La iluminación del derrame que sale del estadio se puede calcular y medir. Estos valores se expresan en valores de iluminación horizontal y en iluminación vertical máxima. En ausencia de directrices locales, se debe considerar el siguiente cronograma:

Tabla 2 - Ángulos de Iluminación y Distancias respectivas.

Tomado de (FIFA, 2007) traducida al español

Ángulo de Iluminación	Distancia desde el perímetro del estadio	
Derrame horizontal	A 50 metros del perímetro del estadio	25 lux
Derrame horizontal	200m más allá	10 lux
Vertical máxima	A 50 metros del perímetro del estadio	40 lux
Vertical máxima	A 200 metros del perímetro del estadio	20 lux

Se debe hacer todo lo posible para limitar tanto el derrame como el resplandor dentro y fuera del estadio, a continuación un diagrama adaptado de (FIFA, 2007), que muestra el impacto ambiental lumínico.

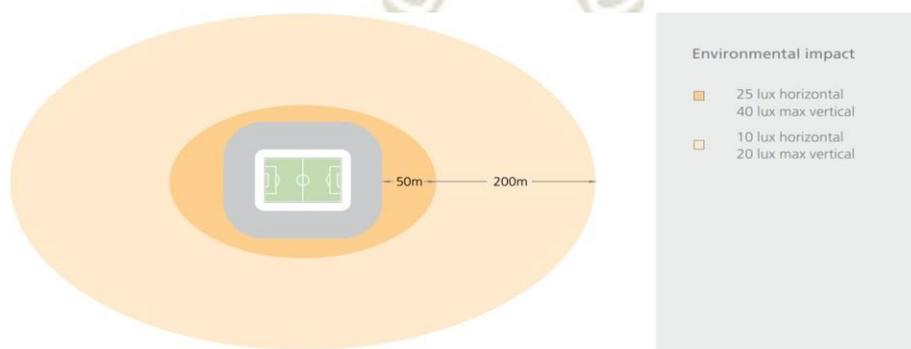


Figura 9 - Impacto Ambiental lumínico (Área de Influencia)

Características Técnicas de Iluminación en Estadios

Tabla 3 - Clases de sistema de iluminación según categorías FIFA

Class V	Televisado Internacional	El tono del evento estará libre de sombras / sin deslumbramiento.
Class IV	Televisado Nacional	El tono del evento estará libre de sombras / sin deslumbramiento.
Class III	Juego Nacional no televisado	El campo del evento estará libre de deslumbramiento con un mínimo de ocho polos (recomendado).
Class II	Ligas y clubes no televisadas	El campo del evento estará libre de deslumbramiento con un mínimo de seis polos (recomendado).
Class I	Entrenamiento y recreación no televisadas	El campo del evento estará libre de deslumbramiento con un mínimo de cuatro polos (recomendado).

El retraso o la cancelación de un evento de clase alta debido a la pérdida de la red eléctrica es inaceptable. Una evaluación cuidadosa del servicio público disponible es crucial, las fuentes de energía de respaldo y de transporte. La red eléctrica de la empresa de servicios públicos debe tener un sistema completo para transportar la instalación durante las condiciones del evento. En caso de pérdida de la red de admisión, la energía de respaldo en el sitio debería comenzar de inmediato, pero habrá un retraso de tiempo. La iluminación de campo, que suele ser de descarga de alta intensidad (HID), se extinguirá y requerirá varios minutos para reinsertar y se interrumpirá la transmisión del evento. Este viaje se puede proporcionar de varias maneras, incluidos generadores especiales y sistemas de suministro de energía ininterrumpida (UPS). La energía de respaldo debe tener la capacidad de funcionar durante un mínimo de tres horas durante un apagón. La delineación y separación de las cargas de eventos esenciales de la carga del sistema de seguridad de la vida es necesaria, ya que la capacidad de viaje es principalmente necesaria para la continuación del evento, no para salir de la instalación en condiciones de emergencia. Es necesaria una planificación adicional para la asignación de espacio del equipo para las fuentes de admisión y respaldo. Se recomienda mantener la separación y proporcionar múltiples puntos de distribución. (FIFA, 2007).

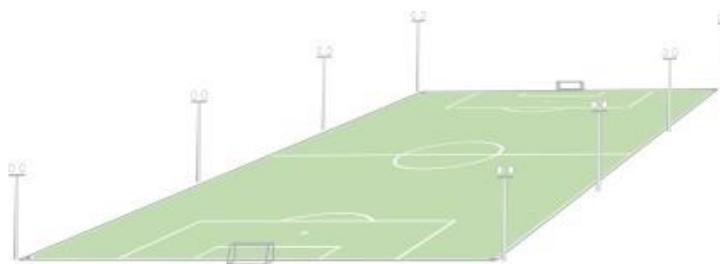


Figura 10 - Posición de sistemas de iluminación en eventos nacionales (Clase III), no televisados

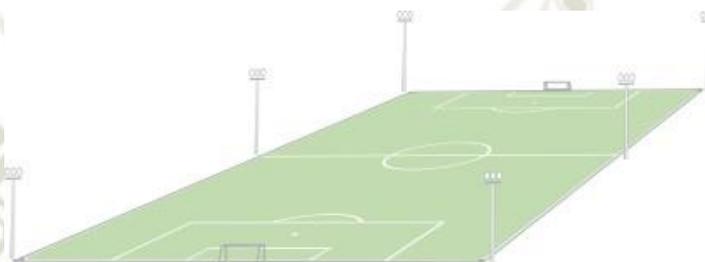


Figura 11 - Posición de sistemas de iluminación en eventos de liga y clubes (Clase II) no televisados

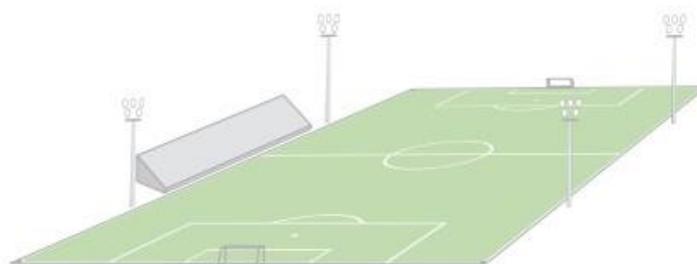


Figura 12 - Posición de sistemas de iluminación en eventos de entrenamiento y recreación

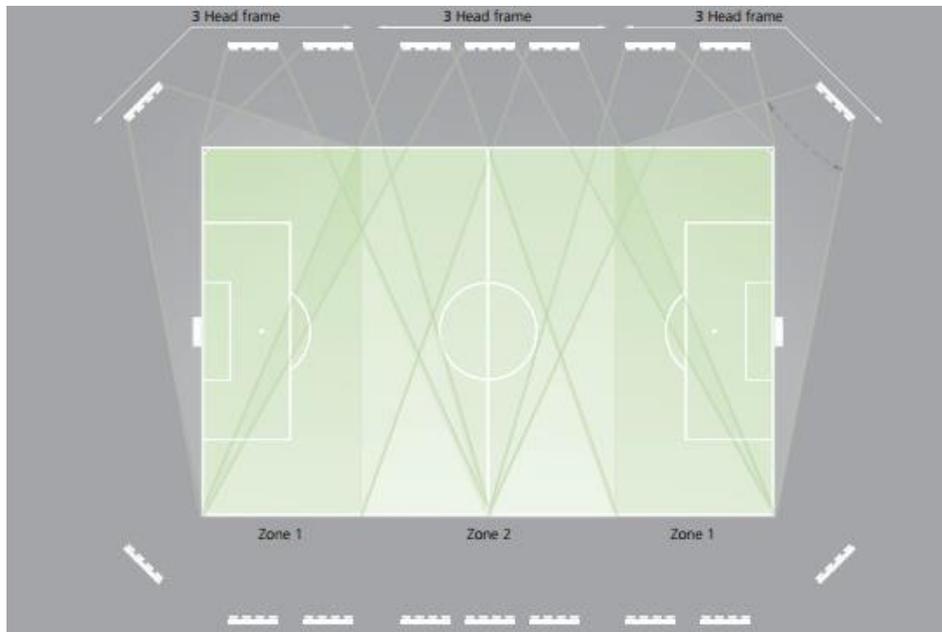


Figura 13 - Posición de sistemas de iluminación en eventos nacionales televisados Clase IV)

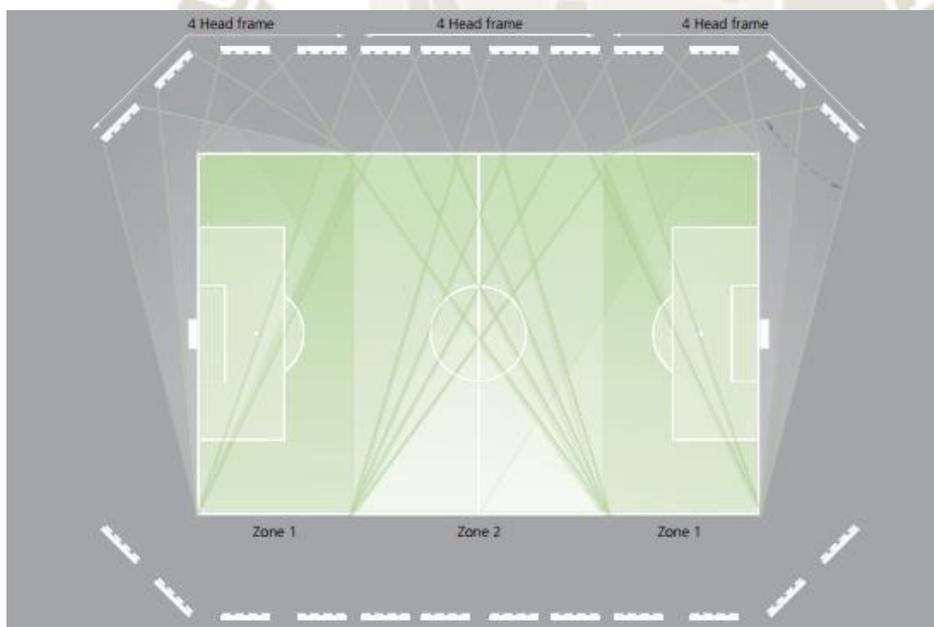


Figura 14 - Posición de sistemas de iluminación en eventos internacionales televisados Clase V)

Tabla 4 - Especificaciones de Luminosidad para eventos televisados (Tomado de (FIFA, 2007))

		Vertical illuminance			Horizontal illuminance			Properties of lamps	
		Ev cam ave	Uniformity		Eh ave	Uniformity		Colour temperature	Colour rendering
Class	Calculation towards	Lux	U1	U2	Lux	U1	U2	Tk	Ra
Class V International	Fixed camera	2,400	0.5	0.7	3,500	0.6	0.8	> 4,000	≥ 65
	Field camera (at pitch level)	1,800	0.4	0.65					
Class IV National	Fixed camera	2,000	0.5	0.65	2,500	0.6	0.8	> 4,000	≥ 65
	Field camera (at pitch level)	1,400	0.35	0.6					

– La iluminancia vertical se refiere a la iluminancia hacia una posición de cámara fija o de campo. – La uniformidad de iluminancia vertical para cámaras de campo se puede evaluar cámara por cámara y se considerará la variación de este estándar. – Todos los valores de iluminancia indicados son valores mantenidos. Se recomienda un factor de mantenimiento de 0,7; por lo tanto, los valores iniciales serán aproximadamente 1,4 veces los indicados anteriormente. – En todas las clases, la clasificación de deslumbramiento es $GR \leq 50$ para los jugadores en el campo dentro del ángulo de visión primario del jugador. Esta calificación de deslumbramiento se satisface cuando los ángulos de visión del jugador están satisfechos. – La tecnología de lámpara de iluminación constante es aceptable y se recomienda.

Tabla 5 - Especificaciones de Luminosidad para eventos no televisados

(Tomado de (FIFA, 2007))

Activity level	Horizontal illuminance	Uniformity	Lamp colour temperature	Lamp colour rendering
Class	Eh ave (lux)	U2	Tk	Ra
Class III National games	750	0.7	> 4,000	≥ 65
Class II Leagues and clubs	500	0.6	> 4,000	≥ 65
Class I Training and recreation	200	0.5	> 4,000	≥ 65

– Todos los valores de iluminancia indicados son valores mantenidos. – Se recomienda un factor de mantenimiento de 0,70. Por lo tanto, los valores iniciales serán aproximadamente 1,4 veces los indicados anteriormente. – La uniformidad de iluminancia no excederá del 30% cada 10 metros. – Los ángulos de visión del jugador principal deben estar libres de deslumbramiento

directo. Esta calificación de deslumbramiento se satisface cuando se satisfacen los ángulos de visión del jugador.

A continuación, se muestran lámparas tradicionales usadas en estadios de fútbol y de otras disciplinas, que sistemas de haluro metálico, también conocidas como lámparas de aditivos metálicos Metal-Halide ó Metalarc. Son lámparas de descarga de alta presión, del grupo de las lámparas llamadas HID (High Intensity Discharge). Son generalmente de alta potencia y con una buena reproducción de colores. Las lámparas de haluro metálico funcionan con un tipo de descarga lumínica de alta intensidad que usa gases presurizados para producir luz.

Existen las conocidas lámparas de Vapor de mercurio de 1000 w, de Aditivos metálicos de 1000 w, y de Vapor de sodio de alta presión 1000 w, a continuación, se muestran algunas que aún se siguen utilizando hoy en día.



Item	High Pressure Sodium HID Bulb	Bulb Beam Angle	360 Degrees
Overall Bulb Shape	ED	Bulb Dia.	2 1/4 in
Bulb Shape	ED18	Overall Length	9 3/4 in
Overall Bulb Base Type	Mogul	Shatter-Resistant	No
Bulb Base Type	Mogul Screw (E39)	Bulb Finish	Clear
Light Technology	High Pressure Sodium	Color Rendering Index	21
Lumens	50,000 lm	Bulb Minimum Starting Temperature	-40 Degrees F
Bulb Operating Position	Universal Burning	For Enclosed Fixtures	Yes
Wattage Equivalency	400W HPS	Indoor/Outdoor Usage	Indoor/Outdoor
Watts	400 W	Bulb UL Type	No UL Type
Trade Number	C400S51/2	Light Distribution	Omnidirectional
Rated Life	40,000 hr	Bulb Operating Temp. Range	-40 Degrees to 250 Degrees F
Bulb Type	Standard	ANSI Code	S51
Color Temperature	2,100 K	Bulb Manufacturers Warranty Length	3 yr.
Light Appearance	1000 to 2699K, Very Warm White	Standards	ANSI

Figura 15 - Bombilla HID de sodio de alta presión, ED18, tornillo Mogul (E39), lúmenes 50,000 lm, C400S51/2 tomado de <https://www.grainger.com/>



Item	High Pressure Sodium HID Bulb	Bulb Beam Angle	360 Degrees
Overall Bulb Shape	ED	Bulb Dia.	2 1/4 in
Bulb Shape	ED18	Overall Length	9 3/4 in
Overall Bulb Base Type	Mogul	Shatter-Resistant	No
Bulb Base Type	Mogul Screw (E39)	Bulb Finish	Clear
Light Technology	High Pressure Sodium	Color Rendering Index	21
Lumens	50,000 lm	Bulb Minimum Starting Temperature	-40 Degrees F
Bulb Operating Position	Universal Burning	For Enclosed Fixtures	Yes
Wattage Equivalency	400W HPS	Indoor/Outdoor Usage	Indoor/Outdoor
Watts	400 W	Bulb UL Type	No UL Type
Trade Number	C400S51/ALTO	Light Distribution	Omnidirectional
Rated Life	24,000 hr	Bulb Operating Temp. Range	-40 Degrees to 250 Degrees F
Bulb Type	Standard	ANSI Code	S51
Color Temperature	2,100 K	Bulb Manufacturers Warranty Length	3 yr
Light Appearance	1000 to 2699K, Very Warm White	Standards	ANSI, TCLP Compliant

Figura 16 - Bombilla HID de sodio de alta presión, ED18, tornillo Mogul (E39), lúmenes 50,000 lm, C400S51/ALTO, <https://www.grainger.com/>

Respecto al estudio de iluminación, hay que tener en cuenta la forma de los proyectores de área,

pueden tener diferentes geometrías, se muestran a continuación algunos de ellos. (Cabrera & Bernal, 2013)

Tipos de Reflectores para el sistema de Iluminación (de acuerdo a la distribución de la luz)

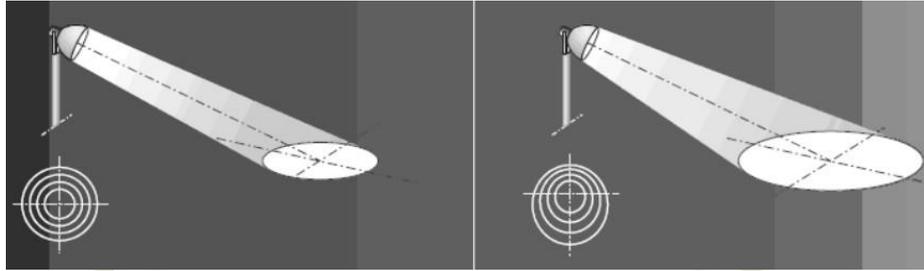


Figura 17 - Proyectorios Circulares



Figura 18 - Proyectorios rectangulares

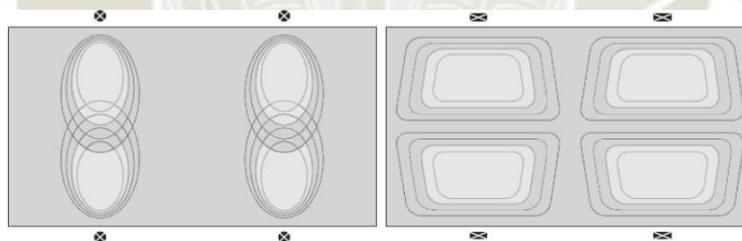


Figura 19 - proyección sobre el terreno

Tabla 6 - Requerimiento lumínico para clases de estadio, según espectadores y distancias a la fila más alejada de los espectadores, tomado de (Cabrera & Bernal, 2013)

Descripción	Clase	Lux
Índice: Distancia de la línea de banda a fila más alejada de los espectadores	Clase I más de 30m	1000
	Clase II entre 15 y 30m	500
	Clase III entre 9 y 15m	300
	Clase IV menor de 9m	200
La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo, en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de asientos de las	Por número de espectadores	
	Clase I para más de 30 mil espectadores	
	Clase II de 10 000 a 30 000 espectadores	

gradas, es el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación:

Clase III de 5 000 a 10 000 espectadores
Clase IV menos de 5 000 espectadores

3.6 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Al Katsaprakakis et al., (2019) en su trabajo de investigación titulado “Potencial en la mejora del rendimiento energético de los estadios nacionales: un estudio de caso para el Estadio Pancretan, Creta, Grecia” Indica que constituye una tarea compleja y exigente debido tanto al tamaño como a la variedad de las cargas de energía involucradas. El presente artículo tiene como objetivo resumir los resultados básicos del estudio implementado sobre la mejora del rendimiento energético del Estadio Pancretano, Creta, Grecia. Este objetivo se abordó con un conjunto de medidas pasivas y activas: sustitución de antiguas aberturas, una estación fotovoltaica, un sistema geotérmico de circuito abierto, instalación de dispositivos de iluminación energéticamente eficientes, un sistema combinado solar-biomasa y un Sistema de Gestión de energía de edificios (BEMS) para el control de los principales consumos de energía. El dimensionamiento de todos los sistemas activos propuestos se optimiza mediante la simulación computacional de su funcionamiento anual. Con las tecnologías aplicadas, el porcentaje de ahorro energético anual alcanzado supera el 83%. El porcentaje de penetración anual de fuentes de energía renovables se calcula en un 82% frente al consumo anual de energía. El rendimiento energético del estadio se actualiza de rango D a rango A +, de acuerdo con las directivas de la Unión Europea. El coste de configuración de los sistemas de mejora del rendimiento energético considerados se calcula aproximadamente en 2.700.000 €, con un período de amortización de 12 años, calculado en comparación con el ahorro monetario alcanzado adeudado a la reducción de los recursos energéticos consumidos.

Wergeland & Hognestad, (2021) Nos introduce a su trabajo de investigación de la siguiente forma, y detalla lo siguiente: Desde el cambio de milenio, ha habido un aumento en los esfuerzos por construir estadios deportivos respetuosos con el medio ambiente en todo el mundo. Impulsado por grandes eventos deportivos como los Juegos Olímpicos de Sydney 2000, los "Juegos

Verdes" y la Copa Mundial de la FIFA 2006 en Alemania, la arquitectura de los estadios se ha convertido en un vehículo para esta tendencia. Hasta ahora, el énfasis se ha puesto principalmente en los nuevos escenarios, en línea con la creencia generalizada en la arquitectura internacional de la década de 2000 de que los edificios más antiguos son menos eficientes energéticamente por defecto. Además de eso viene la convicción de que se necesita novedad para atraer patrocinadores, inversores y audiencias más grandes, una posición impulsada por el interés comercial y la idea del estadio como un "generador urbano". Si bien los estadios nuevos pueden tener un potencial significativo cuando se trata de rendimiento verde, eso no significa necesariamente que los estadios más antiguos sean excedentes para los requisitos, incluso desde una perspectiva climática. En este documento, analizamos críticamente la estrategia bien establecida de reemplazar los estadios antiguos por otros nuevos, cuestionando el impacto climático de las nuevas arenas e investigando el potencial de reutilización de los existentes. Llevamos a cabo un análisis en profundidad de dos estadios existentes, Tynecastle Park en Edimburgo y Stadio Flaminio en Roma. Uno de ellos ya ha pasado por la renovación para seguir en uso mientras que el otro está vacante pero actualmente en curso para ser renovado. Traemos nuevas perspectivas de la ciencia del deporte, la preservación, la arquitectura y la teoría del diseño circular para explicar por qué los estadios más antiguos se vuelven obsoletos y para desafiar la premisa de ese destino. El objetivo no es solo examinar la falta general de reutilización, sino también destacar las estrategias ecológicas que podrían dar a los estadios existentes una vida más larga.

El trabajo de Yüce et al., (2021) Se encargó de examinar los estadios en Turquía dentro del alcance de la sostenibilidad y evaluar su impacto en el desarrollo urbano sostenible. En el estudio, en un primer momento, se desarrolla la "Herramienta de Evaluación de Estadios Sostenibles", donde la puntuación final oscila entre 0 y 100 y la evaluación se realiza como bronce, plata, oro y platino según los rangos de puntuación. Con esta herramienta de evaluación, se examina un total de 20 estadios construidos o renovados/restaurados entre 2008 y 2018 en Turquía en dimensiones sociales, ambientales y económicas dentro del ámbito de la sostenibilidad, y la situación

actual se revela en el marco del desarrollo urbano sostenible. Como resultado del estudio, se determinó que, entre los estadios evaluados, solo dos estadios tienen propiedades de sostenibilidad a nivel platino, tres estadios a nivel oro, mientras que los estadios restantes principalmente a nivel plata. Hasta la fecha, no se ha creado ninguna herramienta de evaluación en el campo de la gestión deportiva que pueda evaluar las propiedades sostenibles de los estadios. Por ello, la "Herramienta de Evaluación de Estadios Sostenibles" creada en el ámbito del estudio es la más importante en el ámbito de las ciencias del deporte y la gestión deportiva con sus diferentes cualidades en términos nacionales e internacionales. Además, el examen de los estadios en las dimensiones social, ambiental, económica dentro del ámbito de la sostenibilidad y reveló la situación actual también es el primero, y contiene información que hará contribuciones científicas muy significativas al campo relevante.

Un estudio llevado a cabo por Sunter et al., (2016) titulado “Sistemas Fotovoltaicos integrados en una ciudad de forma sostenible para satisfacer las necesidades energéticas del transporte urbano”. Se resumen a continuación. Más de la mitad de la población mundial vive en entornos urbanos, y el transporte dentro de estas regiones son responsables de una parte sustancial de la contaminación y los gastos mundiales de energía. La electrificación del transporte urbano ofrece varios beneficios incluida la mejora de la calidad del aire urbano, la reducción del ruido y la disminución de la dependencia sobre las importaciones de combustible y la volatilidad de los precios de los combustibles. Además, los programas de electrificación centrado en las regiones urbanas presentan una oportunidad para proporcionar un alto grado de movilidad con un impacto ambiental reducido. Sin embargo, el electrificar el transporte urbano dependerá en gran medida del uso de electricidad fuentes de generación que producen emisiones mínimas, como la fotovoltaica. En este papel, estudiamos la viabilidad de satisfacer todas las necesidades energéticas del transporte urbano con los sistemas fotovoltaicos en una “ciudad-integrada”, es decir, para 87 ciudades a partir de 43 países con altamente variados recursos solares. De las ciudades estudiadas, 11 pudieron satisfacer sus necesidades de transporte al cubrir menos del 5% de la superficie terrestre de la ciudad con la energía fotovoltaica. Casi la mitad de las ciudades (40 ciudades) fueron

capaces de satisfacer sus necesidades con menos del 10% cubierto y la mayoría de las ciudades (84%) podría hacerlo con menos que el 15% cubierto. Como era de esperar, ciudades con mayor insolación solar anual generalmente requería menos cobertura fotovoltaica. Sin embargo, la insolación solar anual no fue el factor más significativo.

El trabajo de investigación de Chronis et al., (2021) titulado “Sistemas Fotovoltaicos que permiten comunidades de energía sostenible: impulsores tecnológicos y mercados emergentes” investiga los beneficios económicos de una comunidad que invierte en energía fotovoltaica a pequeña escala (PVs) cuando se opera el comercio local de energía entre los miembros de la comunidad. La motivación se deriva de la pregunta abierta de la investigación sobre si un mercado local de energía operado por la comunidad puede mejorar la viabilidad de inversión de los PVs a pequeña escala detrás del medidor instalado por miembros de la comunidad. En primer lugar, se lleva a cabo una revisión de los modelos, mecanismos y conceptos necesarios para enmarcar los conceptos pertinentes, al tiempo que se intenta aclarar los matices en términos importantes. A continuación, se desarrolla una herramienta para la investigación de los beneficios económicos de operar un mercado energético local en el contexto de una comunidad energética. Diseñamos el mercado energético local utilizando formulaciones de última generación, modificadas según los requerimientos del estudio de caso. El modelo se aplica a una comunidad que actualmente se está en formación en un municipio griego. De las distintas simulaciones que se llevaron a cabo se extraen una serie de conclusiones generalizables.

El trabajo de Mizan & Kabir, (2021) titulado “Análisis de economía y sostenibilidad de la energía solar fotovoltaica (FV) para la generación de electricidad en Singapur” explica lo siguiente. Un desafío importante relacionado con el cumplimiento del acuerdo climático de cero emisiones netas para la pequeña ciudad estado de Singapur es la fuente limitada de energías renovables. La restricción geográfica es un obstáculo importante para Singapur, para lograr una solución económica sostenible a largo plazo de bajas emisiones a escala. La generación solar fotovoltaica (PV) tiene el mayor

potencial en Singapur entre todas las fuentes renovables. Sin embargo, la energía solar sigue contribuyendo a menos del 1 por ciento de la producción total de electricidad en Singapur. El objetivo de esta investigación es evaluar la viabilidad de las instalaciones solares fotovoltaicas flotantes y la competitividad de los precios con las fuentes actuales de generación de electricidad en Singapur para cumplir con el objetivo de cero emisiones netas de carbono más allá de 2040, ya que la restricción de espacio limita la instalación de paneles solares en tierra o techos. Para probar la hipótesis de que la electricidad generada a partir de la energía solar fotovoltaica sería económicamente competitiva y sostenible para los usuarios de electricidad de los hogares sobre la electricidad generada mediante el uso de la tecnología operada por combustibles fósiles (GNL) en el futuro, el investigador utilizó el método descriptivo, analizó los datos cuantitativos históricos de diez años para la emisión de CO₂, la generación de electricidad y el costo. Los resultados mostraron que el costo de LCOE caería a 3.91 SGD-Cents/kWh desde el costo actual de 7.56 SGD-Cents/kWh más allá de 2040. Incluso si la inclusión de la integración y distribución de la red inteligente cuesta duplicar este costo a 7.82 SGD-Cents / kWh, el costo total encontrado es menos de la mitad del costo del contrato de adquisición de 2019-20 15.92 SGDCents / kWh para la turbina de gas de ciclo combinado. El estudio estableció claramente que Singapur no tiene un estimado de 81 Km² de tierra libre o áreas cubiertas para satisfacer ni siquiera el 50% de la demanda máxima de electricidad para 2040. Los resultados sugieren que los diecisiete embalses de agua de Singapur y la costa con marea baja podrían ser una oportunidad para una gran instalación fotovoltaica flotante y el gobierno de Singapur necesita establecer un marco normativo y jurídico sostenible para atraer a los inversores y a las instituciones financieras.

El caso del estadio Jorge Luis Hirschi del equipo de fútbol de primera división argentina “Estudiantes de la Plata”, es uno de los baluartes respecto a sustentabilidad ambiental en dicho país, lo hacen así diferentes características luego de su reconstrucción ejecutada en 2008/2019, proporcionándole consumo racional del agua mediante aprovechamiento de agua de lluvia mediante recolección, clasificación de residuos, uso de energías renovables a

través de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos, formando un sistema híbrido con la red de electrificación pública usando lámparas LED, ahorrando un 40% de energía con 12Kwp instalados, alcanzando la certificación ambiental EDGE (Excellence In Design For Greater Efficiencies), la certificación EDGE reconoce la excelencia en el desempeño y la práctica de la industria de negocios ecológicos a través de rigurosos estándares de acreditación. Para lograr esta certificación, se debe garantizar una reducción del 20% en el consumo de energía y recursos. El extenso proceso de obtención de esta credencial incluye un minucioso examen de cada etapa de diseño y construcción. Este estadio combina césped natural y sintético, con un sistema de drenaje moderno, y posee diferentes áreas como museo, patio gastronómico, locales comerciales, estacionamiento, vestuario con hidromasajes, cuenta con canchas de vóley y básquet y gimnasio. (Interact, 2019; Schneider Electric, 2021).

El trabajo de Berg et al., (2021) describe una evaluación tecno- económica de los estudios de caso realizados en el Skagerak EnergyLab. El EnergyLab consta de un sistema de almacenamiento de energía de batería (BESS) de 1,1 MWh y una planta de energía fotovoltaica (PV) de 800 kWp instalada en un estadio de fútbol. El objetivo de este trabajo es analizar el rendimiento de la instalación mediante el estudio de una variedad de casos que involucran estrategias de operación para el afeitado máximo, la maximización del autoconsumo, el arbitraje de energía y la limitación de alimentación. La herramienta de software SimSES se utiliza para simular la degradación de BESS. Además, el marco económico y reglamentario de Noruega se utiliza como base para una evaluación económica. Un resultado importante de este trabajo es que un BESS que ofrece valor apilado mediante la combinación de afeitado de picos, arbitraje de energía, autoconsumo y la sustitución de un generador diesel de respaldo, puede representar una opción factible en Noruega. El análisis técnico también demuestra que la rentabilidad depende en gran medida de la estrategia operativa del BESS.

El trabajo de investigación de Fraga et al., (2018) nos resumen lo siguiente:

Como la capacidad instalada del panel fotovoltaico (FV) ha aumentado significativamente en los últimos años, es interesante investigar los fenómenos que pueden causar efectos adversos en el rendimiento de los módulos, como la suciedad. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto de la suciedad de paneles fotovoltaicos en el rendimiento de una planta de energía solar en un estadio de fútbol en el estado de Minas Gerais, Brasil, así como caracterizar el polvo física y químicamente. La central fotovoltaica se compone de 5910 módulos fotovoltaicos de silicio multicristalino. Se eligieron dos grupos de módulos diametralmente opuestos y se analizó su generación durante 43 días en la segunda mitad del invierno, cada grupo conteniendo módulos de referencia que se limpiaban manualmente cada cinco días. Una lluvia ocurrió el día 23 y algunos módulos fueron limpiados manualmente el día 30. El polvo recogido se caracterizó por difracción de rayos X y por fluorescencia de rayos X. También se investigó la distribución del tamaño de partícula y la forma de las partículas. Para los conjuntos de módulos fotovoltaicos y el período de prueba estudiado, la suciedad redujo la potencia pico en aproximadamente 13.7% en el período seco, y 6.5% en el período después de una lluvia. La producción de energía se redujo en aproximadamente 16,5% en el período seco y 8,0% en el período posterior a una lluvia. El tamaño de partícula promedio del grupo orientado al suroeste (Grupo A) y del grupo orientado al noreste (Grupo B) fue de 35,3 y 28,7 μm respectivamente, pero esta diferencia no tuvo un efecto significativo en el rendimiento de los módulos. El polvo recogido estaba compuesto principalmente de cuarzo, hematita y calcita. Estos resultados refuerzan la necesidad de limpiar manualmente los módulos fotovoltaicos para mantener un alto rendimiento de generación.

Boluarte & Ninaja, (2019), su trabajo de investigación titulado “Regeneración urbana mediante el espacio público (Estadio Melgar) para la valoración de Cuarto Centenario, Arequipa, 2020” menciona que uno de los problemas urbanos más importantes que enfrenta las ciudades es su proceso de desarrollo es el cambio de uso y el abandono de las áreas públicas, trascendiendo en la infraestructura inadecuada y la inseguridad ciudadana. Los espacios públicos son elementos muy importantes para el desarrollo de la sociedad, ya que son

capaces de generar diferentes actividades dando una gran oportunidad de interacción entre las personas, es así que se crea un sentido de pertenencia y este contribuye al fortalecimiento de la identidad del poblador con la ciudad. Por lo tanto, es de vital importancia integrar los espacios públicos con el crecimiento de la ciudad contemporánea, ya que la escasez y el mal uso de estos traen problemas a nivel sectorial, zonal y metropolitano, es por eso que estos deberían ser evaluados e intervenidos. Siendo Arequipa la segunda ciudad más poblada del Perú (continuo crecimiento), se ve envuelta en problemas urbanos, específicamente en su centro histórico ya que está atravesando por un estado de abandono por parte de residentes, mientras es aglomerado por un intenso flujo vehicular causado por el ineficiente sistema de transporte. Por esa razón se decide abordar el caso del Estadio Melgar, por ser actualmente un área de paso, prácticamente carente de un rol, estando posicionado en una zona estratégica. Esta complejidad precisa una propuesta urbano-arquitectónica apoyada en la función que debería cumplir como parte del anillo de amortiguamiento, con el fin de armonizar el paisaje y reducir los efectos de degradación patrimonial.

4. CAPÍTULO II – METODOLOGÍA

4.1 BASE METODOLOGICA

4.1.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE VERIFICACIÓN

a) Técnica:

La técnica que se utilizó para proponer el sistema solar fotovoltaico sustentable en el estadio Mariano Melgar fue mediante recolección de data en campo, algunas entrevistas al personal que labora en el propio estadio, e información bibliográfica para determinar el diseño y calculo energético.

Instrumento:

Diagnóstico de condiciones actuales del estadio en materia ambiental. Estudio de características solares, de consumo energético y de componentes más adecuados.

Estudio de las características solares

Se tomaron las características solares del lugar mediante con la ayuda del software PVsyst 6.7 a través de la base de datos Meteonorm Worldwide irradiation data, que proporciona datos de irradiación y otros datos relacionados, importantes para el diseño, además de conocer las dimensiones de la superficie(s) sobre las que se propone el sistema solar fotovoltaico sustentable, y la estimación del potencial energético posible.

Calculo energético del sistema solar fotovoltaico

Se realizaron los cálculos de los factores involucrados en el cálculo del sistema solar fotovoltaico representado por la siguiente formula:

$$\frac{1 \times \# \text{paneles} \times W_p | \text{del panel} \times \text{HSP} \times \text{Eficiencia} \%}{1000} = \text{KWh/d}$$

Donde:

Paneles = Número de paneles del todo el arreglo solar

Wp =Potencia de panel solar seleccionado

Hora solar pico = 5 HSP (considerando el peor mes del año)

Eficiencia de corrección = 83%

Lugar de estudio (físico):

La propuesta del sistema solar fotovoltaico se realizó en el estadio Mariano Melgar que se encuentra ubicado en el barrio del IV Centenario en el distrito de Arequipa en la provincia de Arequipa.

Campo de Verificación**-Ubicación Espacial**

La propuesta del sistema solar fotovoltaico se realizó en el estadio Mariano Melgar que se encuentra ubicado en el barrio del IV Centenario en el distrito de Arequipa en la provincia de Arequipa.

-Ubicación temporal

Específicamente se llevó a cabo con los datos actualizados del sistema energético actual en el presente año 2021.

-Unidades de estudio

Se tomaron como base las dimensiones de la sustentabilidad en cual nos indicará el estado o condición vinculado al uso y estilo, el sistema solar fotovoltaico en el momento de producción, renovación y movilización de sustancias o elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación (presentes o futuros) del sistema.

Estrategia de Recolección de datos

Recursos Online, con información geográfica, meteorológica de la ciudad de Arequipa, a través del software PVsyst.

1. Tipo de procesamiento

Realización computarizada a través de ingreso de información para generación de reportes energéticos. Se utilizó el programa informático PVSyst versión 6.7

Operaciones:

- b.1. Clasificación: Se recolectaron los datos mediante informes y documentos del estadio Mariano Melgar para determinar los gastos energéticos.
 - b.2. Cálculo y Diseño: Sistema informático PVSYSTS para determinar los parámetros como horas de sol, nivel de radiación solar, cálculos de energía, de sistema de baterías, de paneles fotovoltaicos necesarios, etc. Con generación de reporte de resultados finales.
 - b.3. Diseño 3D: Se utilizó el Software de Diseño 3D Sketch-up, en conjunto con Google Earth Pro y Lumion, para generar un modelo 3D virtual a escala real del estadio Mariano Melgar.
 - b.4. Graficación: Se generaron gráficas de barras dobles en el reporte final, sobre energía perdida, energía no utilizada, energía a ser consumida.
- a. Tipo: Cuantitativo Cualitativo, univariado

-Recursos Humanos:

Investigador tesista.: Fernando Torres Vela

-Materiales de escritorio

Equipo software: hoja de cálculo Excel, Word for Windows, PVSyst

Equipo hardware, Core I5 Microsoft Económicos: Autogestionados

5. CAPÍTULO III – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.-Diagnóstico de la situación actual del sistema de iluminación convencional del estadio

Mariano Melgar.



Figura 20 - Primeras visitas In-situ

Se identificaron los elementos del sistema iluminación encontrando 4 torres de unos 25 metros de alto con lámparas HID, este estadio está construido con material noble, posee una única tribuna con techo la del lado de occidente, luego el resto del estadio no posee techos o cornisas sobre las tribunas, existe una sala de boxeo en desuso, el césped se encuentra en buenas condiciones ya que es mantenido de manera adecuada gracias al personal de jardinería, la pista atlética también se halla en ligero deterioro, pero en buenas condiciones.



Figura 21 - Cornisa principal

Bajo esta cornisa es donde actualmente se encuentran oficinas de transmisión o emisión televisiva y radial, se puede apreciar en la foto que existe una ligera inclinación, con respecto al plano horizontal, se aprecian también cables colgando.



Figura 22 - Torre de Iluminación

Con vista lateral, se aprecia que se encuentra sin funcionamiento y con falta de bombillas, además se aprecia el desgaste de la estructura, la torre es de Alta tensión.



Figura 23 - Reconocimiento de las afueras del estadio, la entrada principal, y de la distribución de sus áreas

La foto a, muestra las afueras del estadio Mariano Melgar, claramente se observa bajo nivel de vegetación arborea, la foto b, muestra la entrada principal del estadio, se ve claramente las letras del nombre del estadio, que según el IPD, se llama estadio “Mariano Melgar”, y la foto c, muestra justo el momento en el que se está realizando riego al césped deportivo a eso de las 11 am en un día de semana.



Figura 24 - Fotografías de Visita nocturna del estadio Mariano Melgar

La figura a, muestra una foto cercana de la torre suroeste, en la que se puede apreciar la escalera interna, así como el letrero indicando que es de alta tensión, la figura b, muestra la iluminación de una de las lámparas HID sobre el césped, proveniente de la cornisa de la sala de boxeo dentro del estadio, la figura c, muestra otra toma de la misma lámpara de prueba HID, Se comprobó el estado actual de la iluminación dada la falta de eventos deportivos, y se hizo la prueba de lámpara HID de 1000w dentro del estadio, así como de luminarias LED de menor potencia.



Figura 25 - Gallinazo de cabeza Roja, fotografiado con ayuda de Binoculares dentro del Estadio Mariano Melgar

2.- Reconocimiento de la infraestructura del estadio Mariano Melgar (superficies, habitaciones, tipo de material, nivel de deterioro) que permitan implementar un sistema solar fotovoltaico en el estadio Mariano Melgar.



Figura 26 - Reconocimiento de espacio disponible para la implementación del sistema fotovoltaico.

En la figura 26, se puede apreciar la tribuna preferencial de occidente, donde se determinó el lado apropiado para la implementación del sistema propuesto. El reconocimiento, consistió en 03 visitas consecutivas y 01 visita programada de manera separada, la toma de datos se realizó en cuaderno de campo, se nos permitió fotografiar distintas zonas dentro del estadio, pero no se pudo tener acceso a la totalidad del recinto,



Figura 27 - Cornisa de la Entrada principal del Estadio Mariano Melgar

Reconocimiento de la cornisa principal de la tribuna occidente, la única que provee sombra a las tribunas en todo el estadio.



Figura 28 - Dimensiones del recinto del Estadio Melgar y alrededores, tomadas de Google Earth Pro. Medidas de largo y ancho de todo el complejo deportivo del estadio Mariano Melgar usando el software espacial Google Earth Pro.



Figura 29 - Dimensiones del césped deportivo dentro del estadio, sin incluir la pista de atletismo
Las dimensiones del césped deportivo son de 146 metros de largo por 78 metros de ancho, son datos

importantes que según esto es que se toma en cuenta la cantidad de iluminación que se va a necesitar para los eventos deportivos



Figura 30 - Dimensiones tomadas de la cornisa actual, y de las tribunas laterales

Las dimensiones de las tribunas de lado occidente, se muestran acotadas en esta figura 30.



Figura 31 - Requerimiento de Lux, considerando que el estadio tiene la capacidad para hasta 15000 espectadores

La distancia entre el último espectador y el césped deportivo es de 21 metros, indica que requerimos unos 500 lux



Figura 32 - Torre en 3D propiedad de Google Earth,, con capacidad para albergar hasta unas 20 lámparas HID.

Maqueta 3D de Google Earth Pro, propiedad de Google, de una de las torres de iluminación del estadio Mariano Melgar.

3.- Determinación de los parámetros del sistema solar propuesto para el estadio Mariano Melgar.

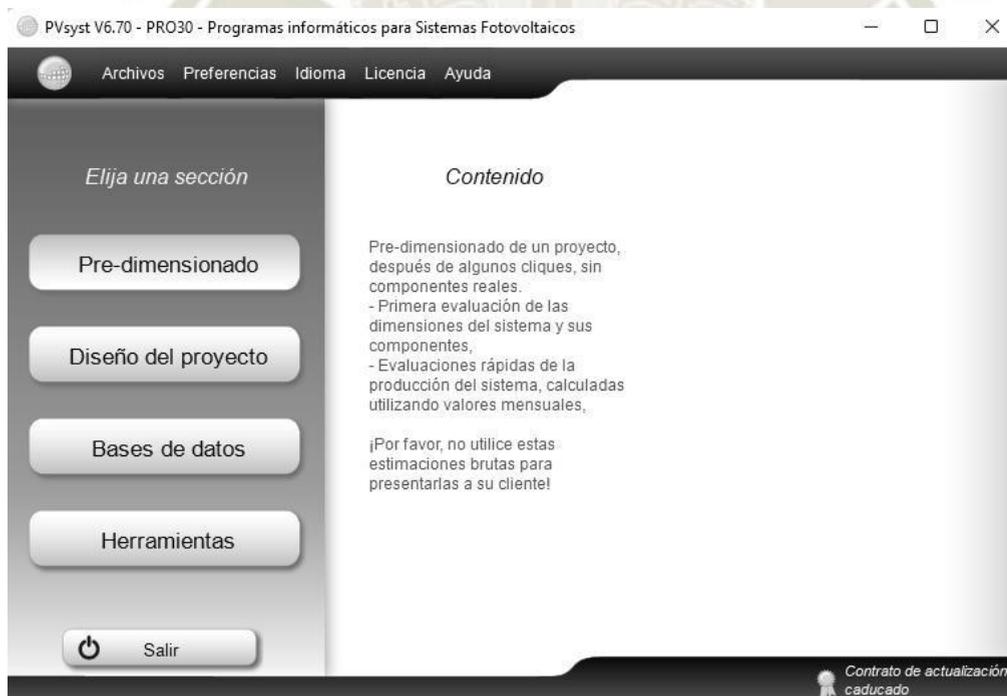


Figura 33 – Pre-dimensionamiento en Software PVsyst

La figura 33, muestra la Ventana Inicial del Software PVsyst 6.7, en el que podemos configurar Idioma, preferencias, y seleccionar pre-dimensionado, diseño del proyecto, base de datos o herramientas

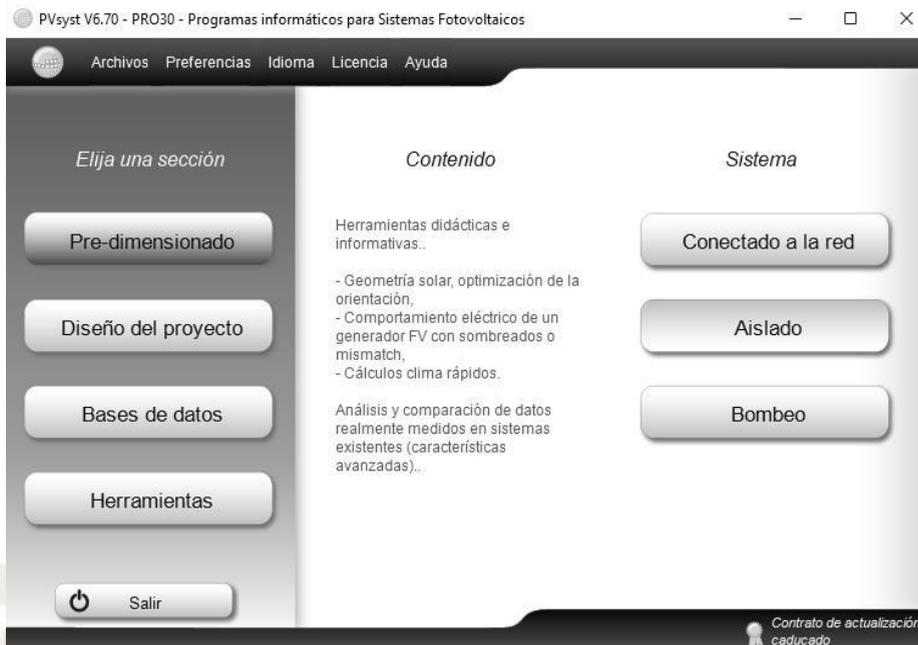


Figura 34 - Selección del tipo de Sistema a trabajar (en este caso Sistema aislado)

La figura 34 muestra la ventana de software PVsyst, en este caso seleccionando sistema aislado como sistema a trabajar.

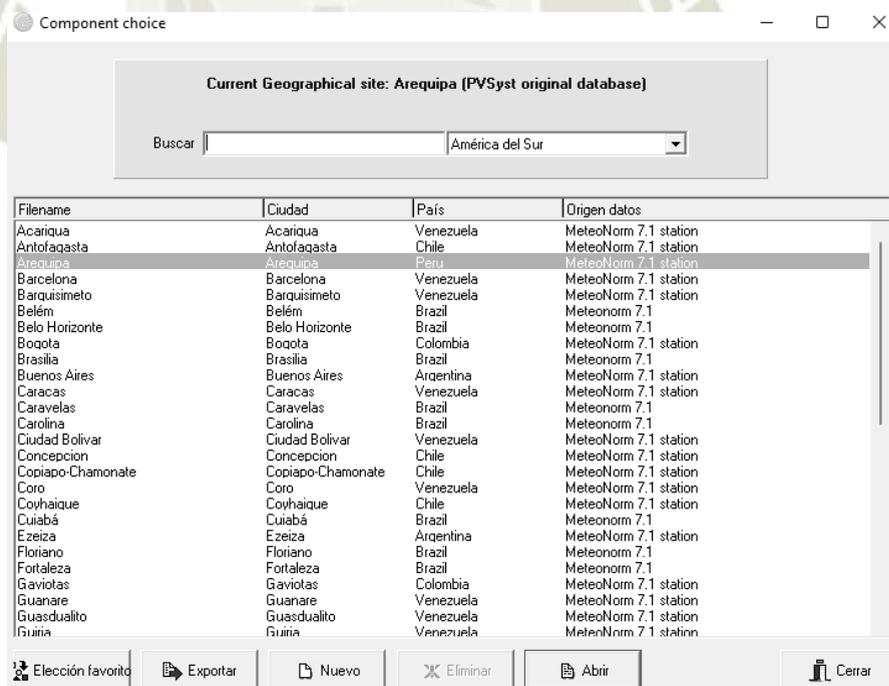


Figura 35 - Selección del lugar

La figura 35 muestra la ventana de selección de sitio geográfico para obtención de datos meteorológicos a usar, desde la fuente de datos MeteoNorm 7.1

Figura 36 - Se coloca nombre al proyecto, y se selecciona la ubicación (país y ciudad)

En la figura 36 se coloca el nombre del proyecto, así como se elige el país y el nombre de la ciudad

Figura 37 - Colocación de Coordenadas Geográficas

En la figura 37, se detallan los parámetros de ubicación del proyecto, indicando latitud, longitud, altitud, huso horario.

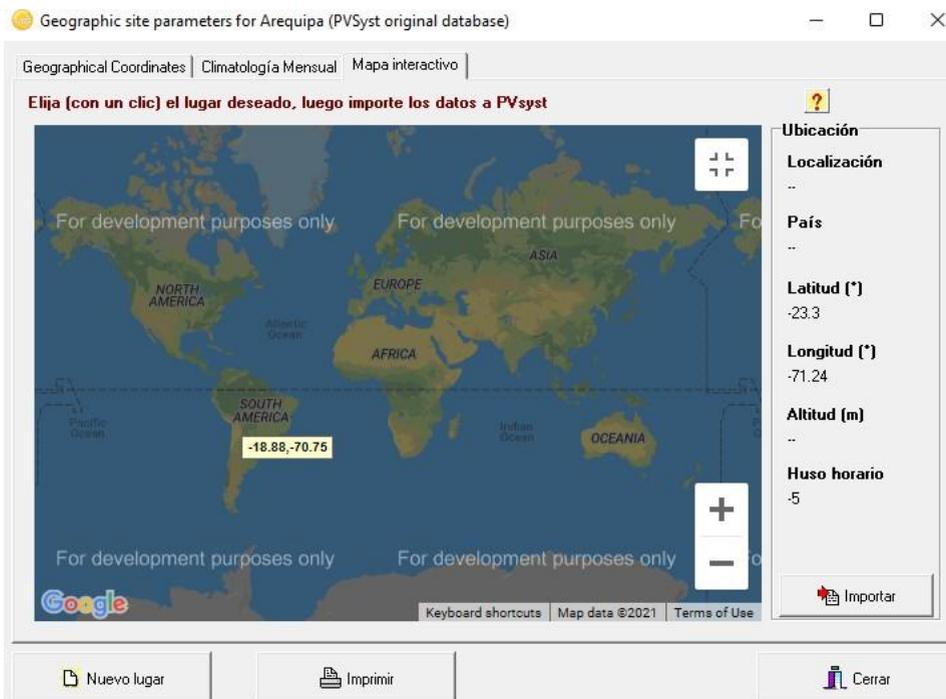


Figura 38 - Visualización en mapa interactivo

En la figura 38, se puede visualizar en mapa interactivo la zona de interés del proyecto

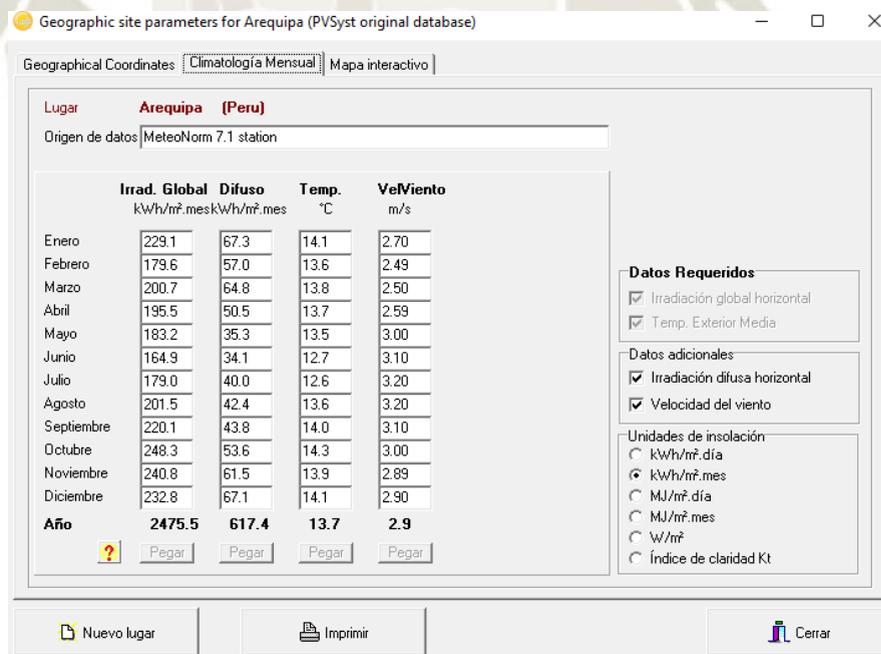


Figura 39 - Datos Climatológicos mensuales

En la figura 39 se muestra los datos meteorológicos como irradiancia global, Difuso, Temperatura, Vel/Viento, desde la fuente Seleccionada, en este caso desde Meteonorm 7.1, para la ciudad de

Arequipa.

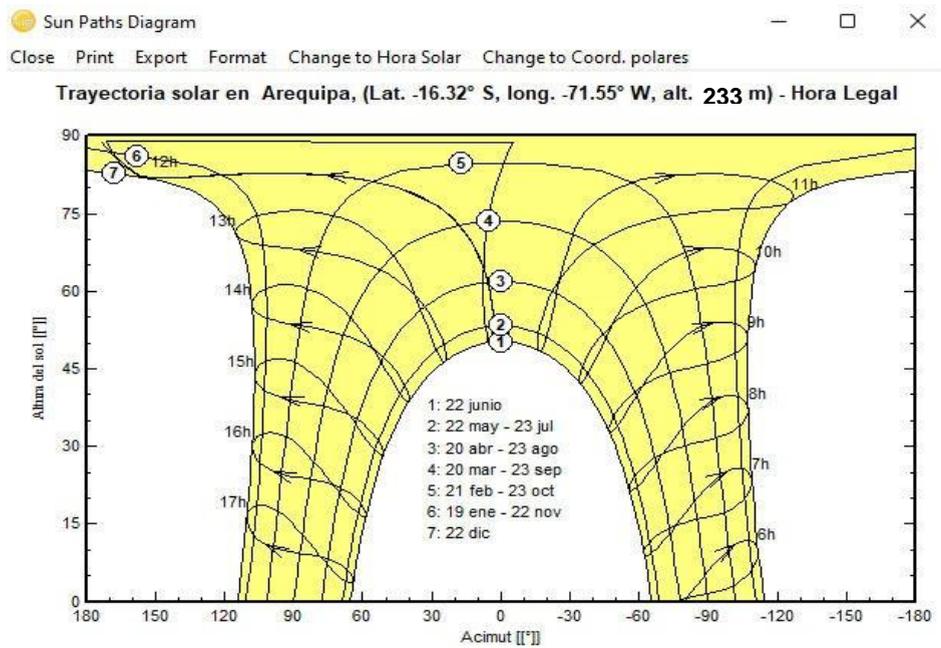


Figura 40 – Trayectoria Solar en Arequipa

En la figura 40 se muestra la trayectoria solar en Arequipa, que es un gráfico de altura solar vs Acimut, generado por el propio PVsyst para la ciudad de Arequipa durante el año.

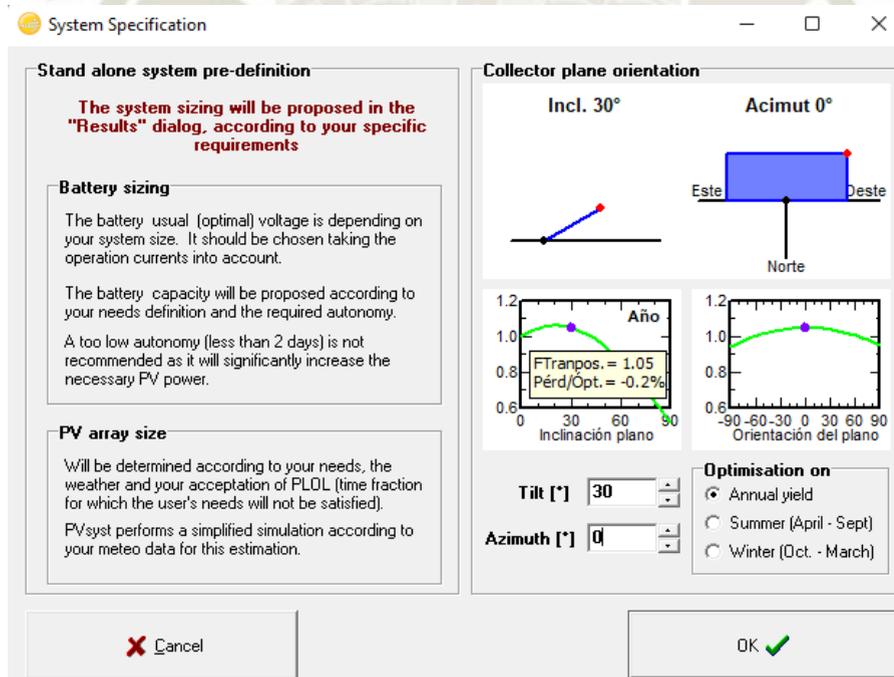


Figura 41 - Ángulo de Inclinación y grado de Acimut

En la figura 41 , se determina el grado de inclinación y el acimut, que nos permite obtener la mejor eficiencia de conversión de energía.

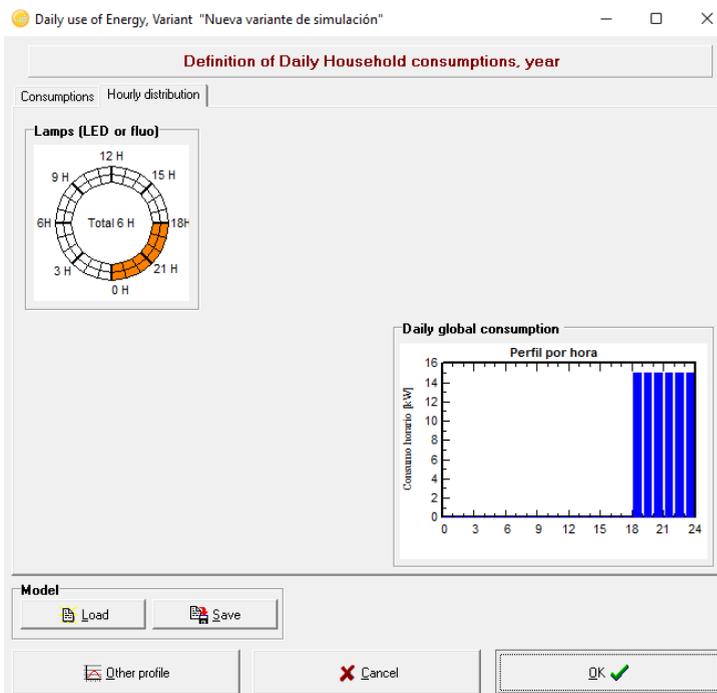


Figura 42 - Distribución de las horas de uso

En la figura 42, se muestra la selección de horas de uso de energía con un total de 6 horas, mostrado en el gráfico circular y en el gráfico de barras que muestra perfil por hora

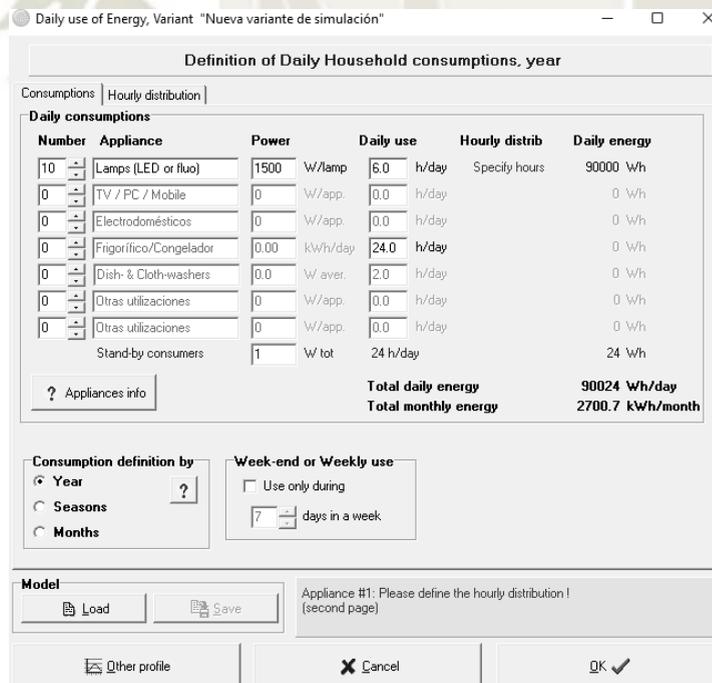


Figura 43 - Uso energético del sistema de lámparas (por lado de lámparas)

En la figura 43, se muestra la definición de consumo diario, expresado en tipo de aplicación mediante artefactos, o maquinarias, los valores mostrados aquí son referenciales ya que se usaron valores de 1000 w/lámpara.

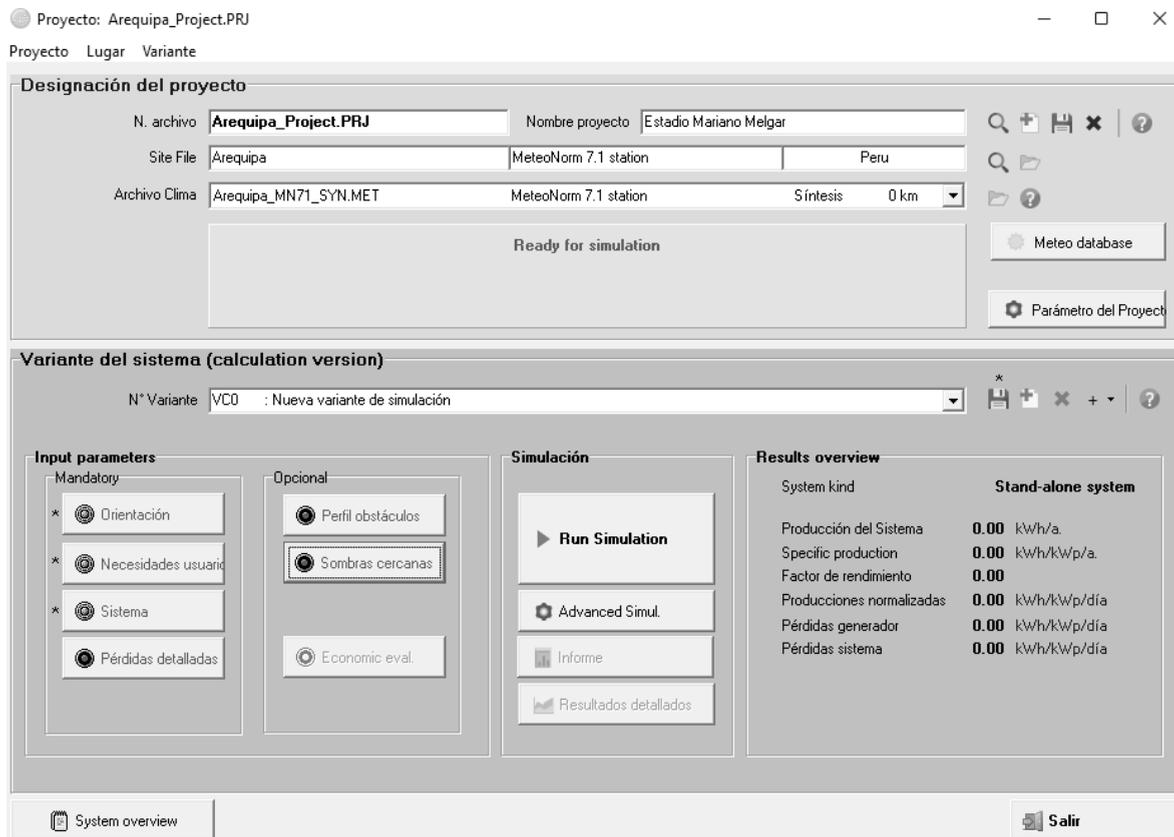


Figura 44 - Manejo general de parámetros del sistema (Orientación, Necesidades del usuario, Sistema, Perfiles, sombras cercanas, pérdidas detalladas, evaluación económica)

En la figura 44, se muestra la ventana principal del diseño del sistema, para ello se ha completado los parámetros clave, que son Orientación, necesidades usuarias, Sistema y pérdidas detalladas, además permite la mejora (opcional) a través de los parámetros de perfil de obstáculos y sombras cercanas, finalizado ello, se ejecuta la simulación en “Run simulation”

A lado derecho podemos observar una vista general de los resultados a generarse una vez aplicada la simulación, aclarando que estos no son resultados detallados, solo es un breve resumen.

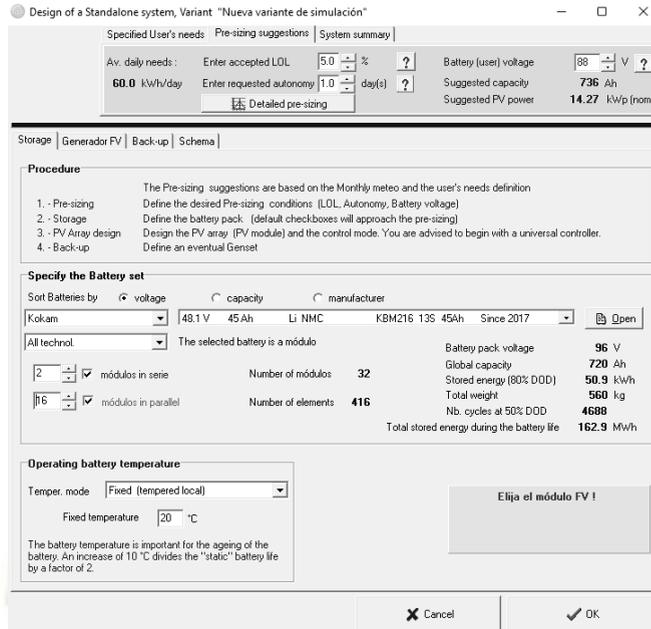


Figura 45 – Parámetros del sistema de Baterías

En la figura 45, se muestra la ventana para configuración del sistema de Baterías, se puede personalizar de acuerdo al requerimiento, preferencias del usuario, en este caso se ha seleccionado baterías de 48.1V, 45Ah, de tecnología de Litio, los datos globales se muestran también en la imagen mostrada, así como el arreglo de baterías en serie y paralelo.

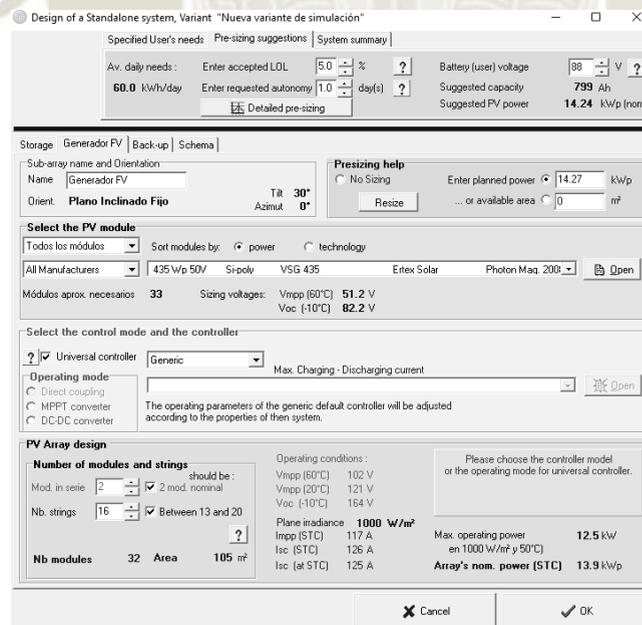


Figura 46 - Parámetros del sistema de paneles solares fotovoltaicos

En la figura 46, se muestra la ventana para configuración del sistema de Paneles Solares, se puede personalizar de acuerdo al requerimiento, preferencias del usuario, ya que permite seleccionar el proveedor de panel solar, la tecnología (Si-Poly elegido), energía (435 Wp), así como intervenir en el

diseño de arreglo ya sea en serie o en paralelo, mostrando datos globales una vez completados los datos.

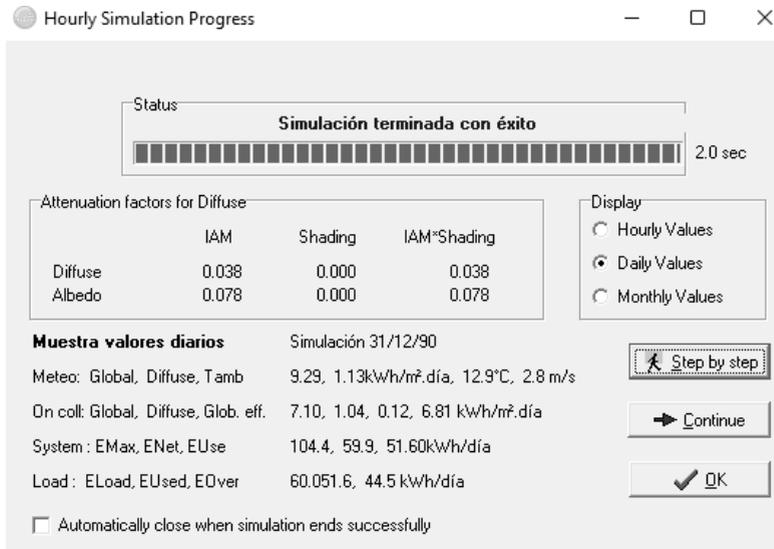


Figura 47 - Ejecución de Simulación

En la figura 47, se muestra la ventana de ejecución de Simulación, con datos de energía mostrados en valores diarios, pudiendo ser también mensuales o por hora.

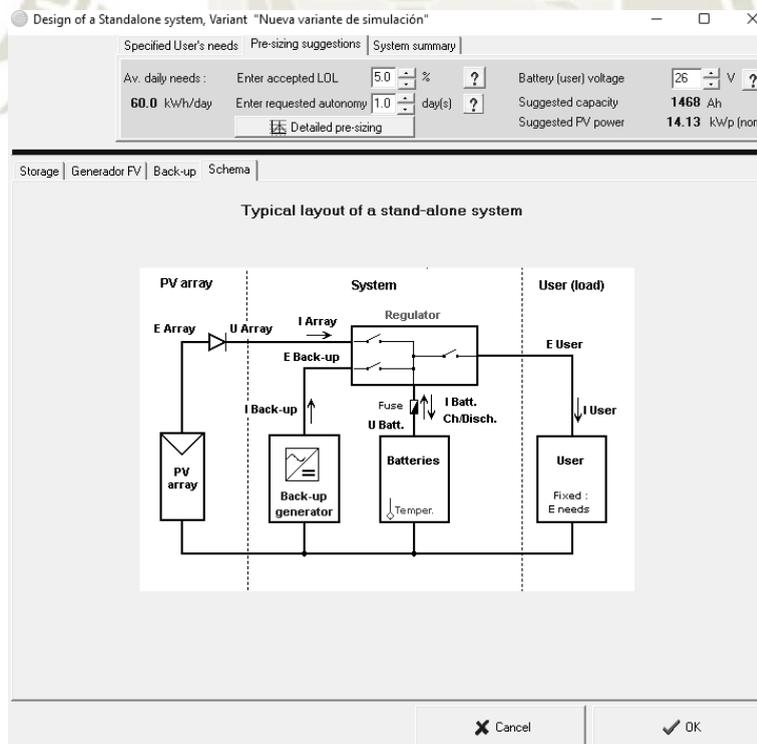


Figura 48 - Layout del sistema

En la figura 48, se muestra la ventana de Layout, es decir, de diseño del sistema en este caso "Stand-alone" es decir, sistema aislado, nos permite entender el flujo de energía, así como el orden de los elementos que componen este sistema fotovoltaico.

Evaluación económica

Proyecto y Variante de simulación

Proyecto: Nuevo Proyecto
 Simulación: Nueva variante de simulación_2
 Generador FV, Pnom: 17.8 kWp Sistema: Sistema Aislado
 Módulo FV: GCL-P6/96-445

Valores
 Global Por Wp
 Por pieza Por m²

Inversión

Módulos FV	40 unidades de 445 Wp	12000	US\$	<input type="checkbox"/>	
Soportes/Integración		3000	US\$		
Baterías	30 de 48 V/ 3 Ah	3630	US\$	<input type="checkbox"/>	
Regulador		300	US\$		
Ajustes, cableado, ...		500	US\$		
Otros, varios...	<input type="button" value="Detalles"/>	0	US\$		
Sustitución subestimada		0	US\$		
Inversión bruta. (con impuestos)		19430 US\$			

Financiamiento

Impuestos: 15.00 % 2915 US\$
 Subsidios: - 0 US\$

Inversión neta **22345 US\$**

A anualidades: 1793 US\$ / a.
 Costo de explotación: 0 US\$ / a.
Costo total anual **1793 US\$ / a.**

Préstamo
 Duración: 20 Años
 Tasa: 5.0 %
 Factor anual: 8.02 %cap/año

Moneda
 United State

Costo de energía

Energía solar utilizada	19.7 MWh / año
Energía excedente	16.0 MWh / año
Costo anual	1793 US\$ / año
Costo de energía utiliza	0.09 US\$ / kWh

Figura 49 - Evaluación económica

En la figura 49, se muestra la ventana de Evaluación económica, en la que se ingresaron datos referenciales de inversión por componente del sistema en general, según costes de baterías, reguladores, módulos fotovoltaicos, en dólares “\$”.

4. Determinación del beneficio de la implementación de un sistema solar fotovoltaico propuesto en el estadio Mariano Melgar para las actividades deportivas que se realicen post-pandemia.

RESULTADOS ALTERNATIVA I



Figura 50 – Diseño 3D del estadio Mariano Melgar en software Sketch Up, pasado posteriormente Lumion, a escala real, en su condición actual.

En esta toma se puede apreciar las 2 torres en simulación 3D con vista diurna, con el sol saliendo desde el lado Este.



Figura 51 - Alternativa ideada 1

Incorporación simulada de paneles solares policristalinos para abastecer a las lámparas de las

torres del estadio (alternativa considerada, pero de baja viabilidad ya que las torres deberían de ser renovadas en tal caso)



Figura 52 - Vista simulada del estadio Melgar con todo su perímetro externo cubierto de vegetación arbórea, con 4 nuevas cornisas. (Alternativa I)

En la figura 52 podemos observar otra toma, en este caso panorámica del modelo 3D del estadio Mariano Melgar, con aumento de vegetación en el perímetro externo del estadio.



Figura 53 - Toma cercana de los paneles fotovoltaico en simulación 3D de la alternativa 1, en modo nocturno

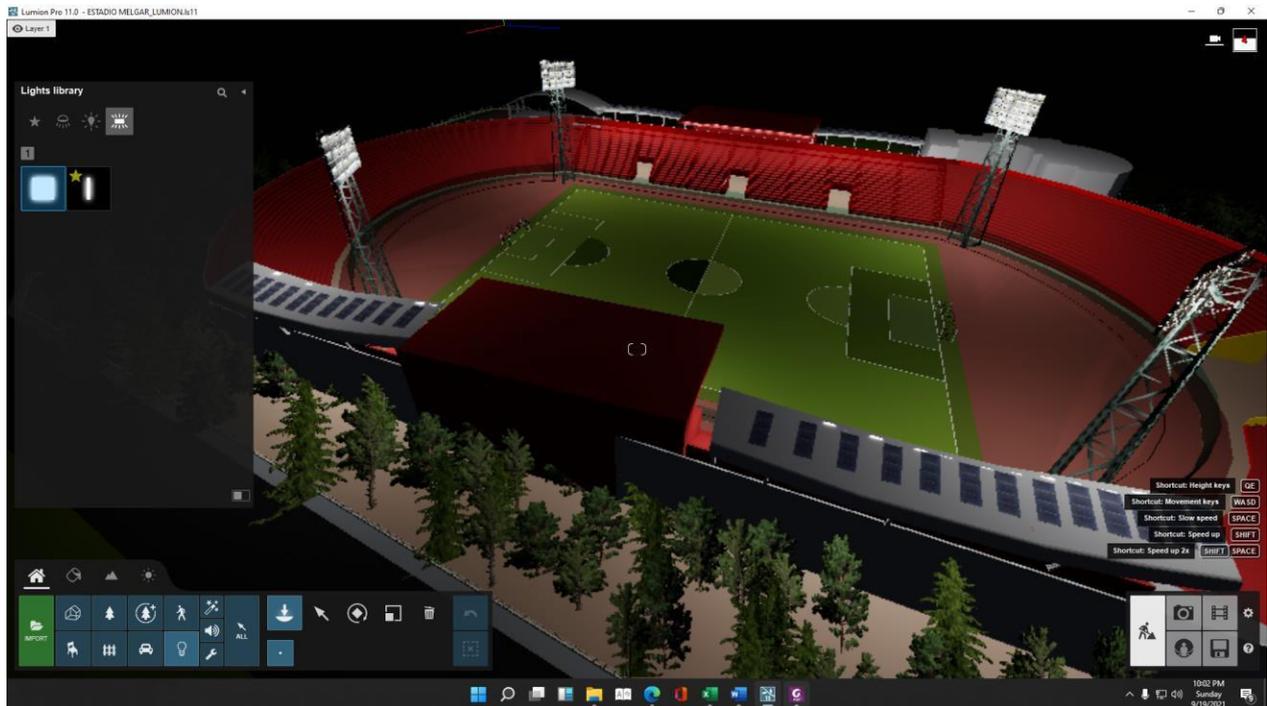


Figura 54 – Toma panorámica nocturna en Alternativa I

En la figura 52 podemos observar otra toma panorámica, en este caso nocturna, con ligera iluminación, claramente el diseño con torres permite una óptima iluminación, pero debe poseer alta seguridad, y mantenimiento.

RESULTADOS ALTERNATIVA II



Figura 55 - Alternativa ideada II, con 4 bases de concreto con estructuras metálicas para ubicación de las lámparas reflectoras, sin torres, y de igual manera con vegetación arbórea a su alrededor.

En la figura 55 podemos observar un cambio radical del sistema de iluminación, ya que se quitaron las torres y en lugar de las mismas se idearon 4 estructuras de concreto para soportar sistemas fotovoltaicos, y sistemas de luminarias.

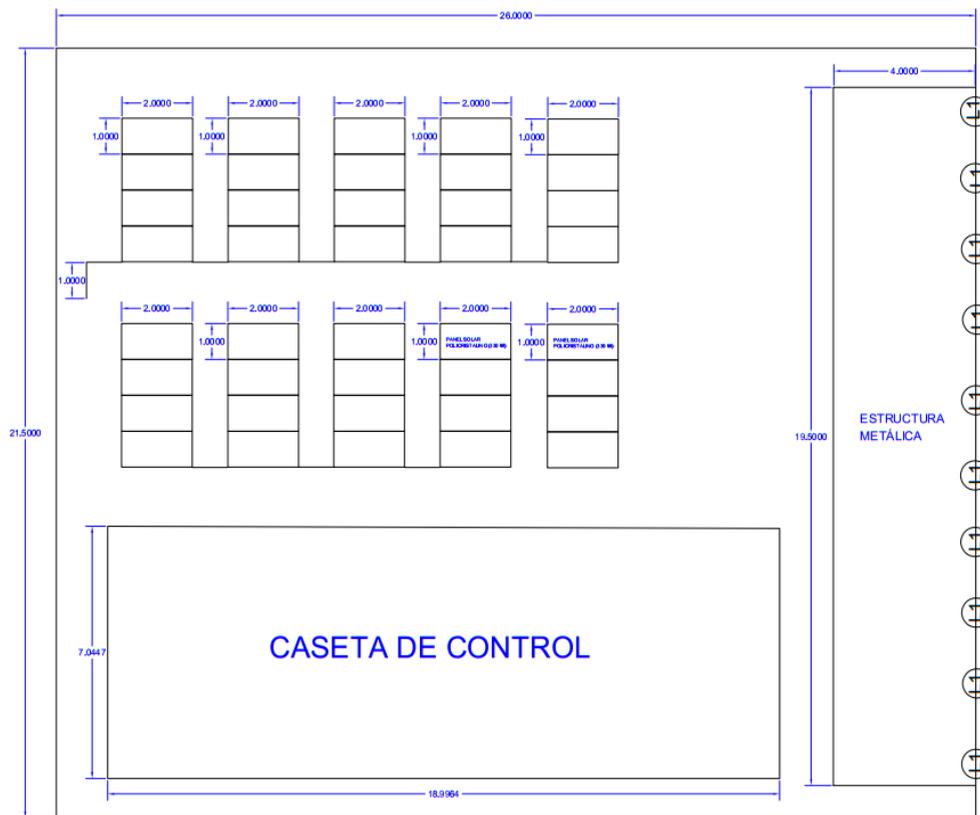


Figura 56 – Diseño de la base propuesta en software AutoCAD.

En la figura 56 podemos observar un plano de distribución en planta (sugerente) en cuanto al sistema fotovoltaico se refiere, ubicación de paneles fotovoltaicos en arreglo, caseta de control para sistemas de control, baterías e inversor, y estructura metálica con 10 lámparas.



Figura 57 - Toma cercana de los paneles fotovoltaico en simulación 3D de la alternativa II

En la figura 57 se puede apreciar los paneles solares en simulación que se encuentran recibiendo energía solar, en este caso estos paneles son de prueba porque están completamente sin ángulo de dirección.



Figura 58 - Toma cercana del lado de la Torre de Reloj del Estadio Mariano Melgar.

En la figura 58 se muestra la torre de reloj de lado de la tribuna oriente, mostrándose también una de las estructuras de concreto con el sistema fotovoltaico sobre sí.



Figura 59 – Toma desde la pista atlética, en simulación 3D, alternativa II



Figura 60 - Toma cercana de los reflectores sobre la nueva base

En la figura 59 y 60 se observan 2 tomas, una desde el campo deportivo, y la otra con vista aérea, en la que se aprecia la estructura de concreto que lleva en la parte superior los paneles fotovoltaicos, la caseta de control y la estructura metálica conteniendo a las luminarias.



Figura 61 – Toma externa del estadio Mariano Melgar en simulación con aumento de vegetación arbórea



Figura 62 - Toma cercana de las afueras del estadio Mariano Melgar en simulación con aumento de vegetación arbórea

En la figura 61 y 62, se muestran las afueras del estadio en simulación, en la que se puede observar mayor cantidad de árboles, las rejas, calzada, que podría mejorar el ornato.

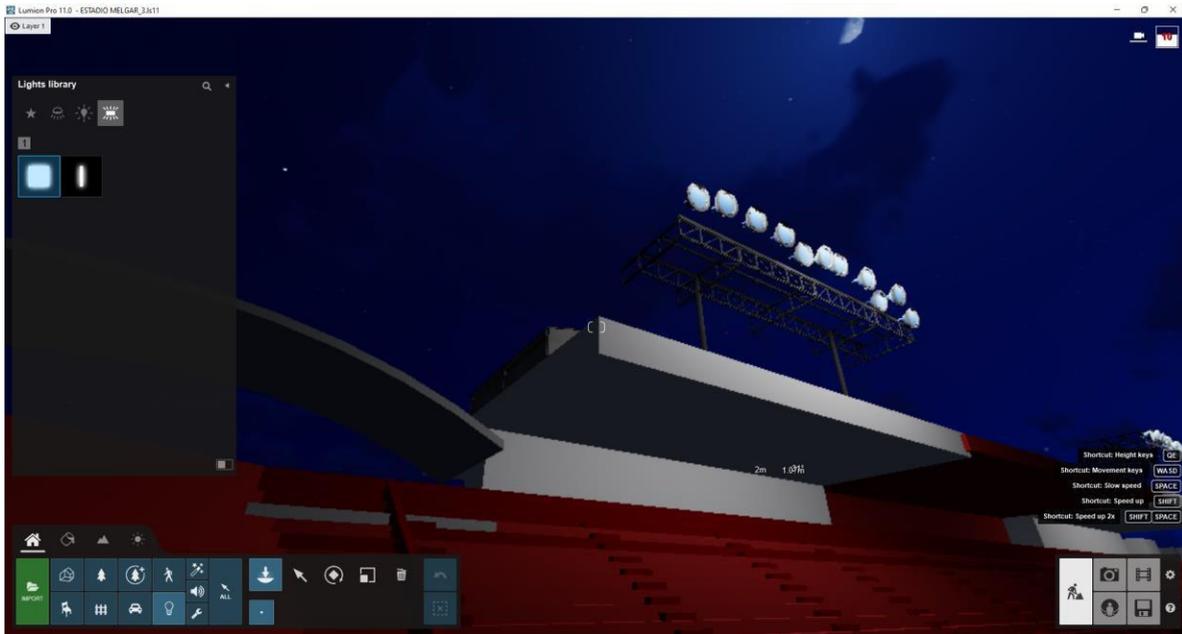


Figura 63 - Toma nocturna de una base propuesta en la alternativa II

En la figura 63 se puede observar con mayor detenimiento las estructuras de concreto y las luminarias de 1000 watts propuestas.



Figura 64 - Toma panorámica nocturna en funcionamiento, alternativa II

En la figura 64 se puede observar una vista panorámica del modelo final con las estructuras de concreto propuestas con las iluminarias implementadas encendidas en horario nocturno.



Figura 65 - Toma cercana de aves I



Figura 66 - Toma cercana de aves II

En la figura 65 y 66 se muestra el factor ambiental (biota, ecosistemas) que es importante, en la simulación se incluye la presencia de aves como palomas, cernícalos y otras, que involucra al estadio como parte de su hábitat natural.

Tabla 8 – Resultados Obtenidos

RECONOCIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	
Estado de deterioro	<p>Se evidenció un nivel de deterioro intermedio en general, en cuanto se refiere a infraestructura externa e interna, existiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento en estructuras metálicas (hay corrosión en algunas) - Desgaste de pista atlética - Pérdida de pintura en estructuras interiores y exteriores de concreto - Falta de riego en el perímetro externo - Cuarto de Boxeo en desuso, sin mantenimiento. - Césped natural del estadio, en buen estado, ya que es regado. - Baños en buen estado
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Sin funcionamiento para deportes a nivel profesional, - Es alquilado por usuarios de manera privada
Potencialidad de mejora en infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> - Potencialidad de ser remodelado con ampliación de tribunas ya que hay espacio a las afueras. - Potencialidad de mejora en techos, No posee techos en casi todo el perímetro del propio estadio, que permita generar sombra a los espectadores
Condiciones ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - El césped natural al ser actualmente regado, genera condiciones para que animales como aves, puedan conformar un ecosistema con organismos del suelo húmedo y el microclima creado dentro del estadio - La radiación solar es tan fuerte en la ciudad arequipeña, que permite aprovechar dicha energía, actualmente se aprovecha dentro del Estadio Melgar, como energía solar térmica. - A las afueras del estadio, existe vegetación arbórea, como casuarinas, ficus, molles, pero en bajo número. - Actualmente el estadio Mariano Melgar representa un espacio o área verde importante dentro del perímetro urbano del IV Centenario.
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	
Tipo	<ul style="list-style-type: none"> - Conectado a Red Pública (Proveniente de Centrales de energía Hidroeléctrica)
Estado Actual	<ul style="list-style-type: none"> - En deterioro, existe alto riesgo eléctrico en las 4 torres de Iluminación existentes, y actualmente existen informes de INDECI que lo corroboran. - monitoreos y/o para actividades de mantenimiento rutinario

Funcionamiento	- El sistema de iluminación del estadio Melgar no se encuentra en funcionamiento
DISEÑO FOTOVOLTAICO (resumen) SISTEMA OFF GRID (AISLADO)	
Sistema de Baterías (Li)	- 2 módulos en serie, 16 módulos en paralelo, con sistema Backup
Sistema de Paneles (160u)	- De Silicio Policristalino, de 435Wp por panel, 50 Kw total del sistema del estadio.
Sistema de Luminarias (40u)	- 1000 w/luminaria, de tipo HID
Inversor	- 220v
Regulador de Carga	- MPPT
Infraestructura de soporte	- Concreto con estructuras metálicas.

A continuación, se muestran los resultados en detalle del diseño fotovoltaico

PVSYST V6.70		21/08/21	Página 1/4
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto : Nuevo Proyecto			
Lugar geográfico	Arequipa	País	Peru
Ubicación	Latitud -18.32° S	Longitud	-71.55° W
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT-5	Altitud	2335
Datos climatológicos:	Arequipa	Meteonorm 7.1 (1991-2010) - Sintesis	
Variante de simulación : Nueva variante de simulación_2			
Fecha de simulación 21/08/21 22h18			
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Stand-alone system	
Orientación Plano Receptor	Inclinación	30°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Características generador FV			
Módulo FV	Si-poly	Modelo	GCL-P806-445
Original PVarray database	Fabricante	GCL	
Número de módulos FV	En serie	2 módulos	En paralelo 20 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	40	Prom unitaria 445 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	17.80 kWp	En cond. funciona. 15.97 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	91 V	I mpp 178 A
Superficie total	Superficie módulos	104 m²	Superf. célula 83.3 m²
Factores de pérdida Generador FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	6.7 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 0.7 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos - 1)	Parám. bo 0.05
Parámetro del Sistema	Tipo de sistema	Sistema Aislado	
Batería	Modelo	DCB102Z	
	Fabricante	Parasonic	
Características del banco de baterías	Tensión	48 V	Capacidad Nominal 1820 Ah
	N° de unidades	30 en paralelo	
	Temperatura	Fijo (20°C)	
Regulador	Modelo	Universal controller with MPPT converter	
	Tecnología	MPPT converter	
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO	97.0 / 95.0 %	
Umbral de Regulación Baterías	Threshold commands as	SOC calculation	
	Carga	SOC = 0.90 / 0.75	
	Descarga	SOC = 0.20 / 0.45	
Necesidades de los usuarios : Cons. doméstica diaria media	Constante durante el año 80 kWh/Día		

Traducción en español, sólo el texto inglés está generado.

Figura 67 - Hoja 1, Diseño Fotovoltaico

En la figura 67, se muestra la hoja 1 del reporte final del sistema aislado propuesto, con todos los parámetros de simulación incluyendo desde datos climatológicos, hasta características de diseño de los componentes del sistema fotovoltaico, mostrando nombre del proyecto, lugar geográfico, fecha de simulación, tipo de sistema, características del sistema generador fotovoltaico, factores de pérdida fotovoltaica, parámetros del sistema de baterías, regulador y necesidades de usuario.

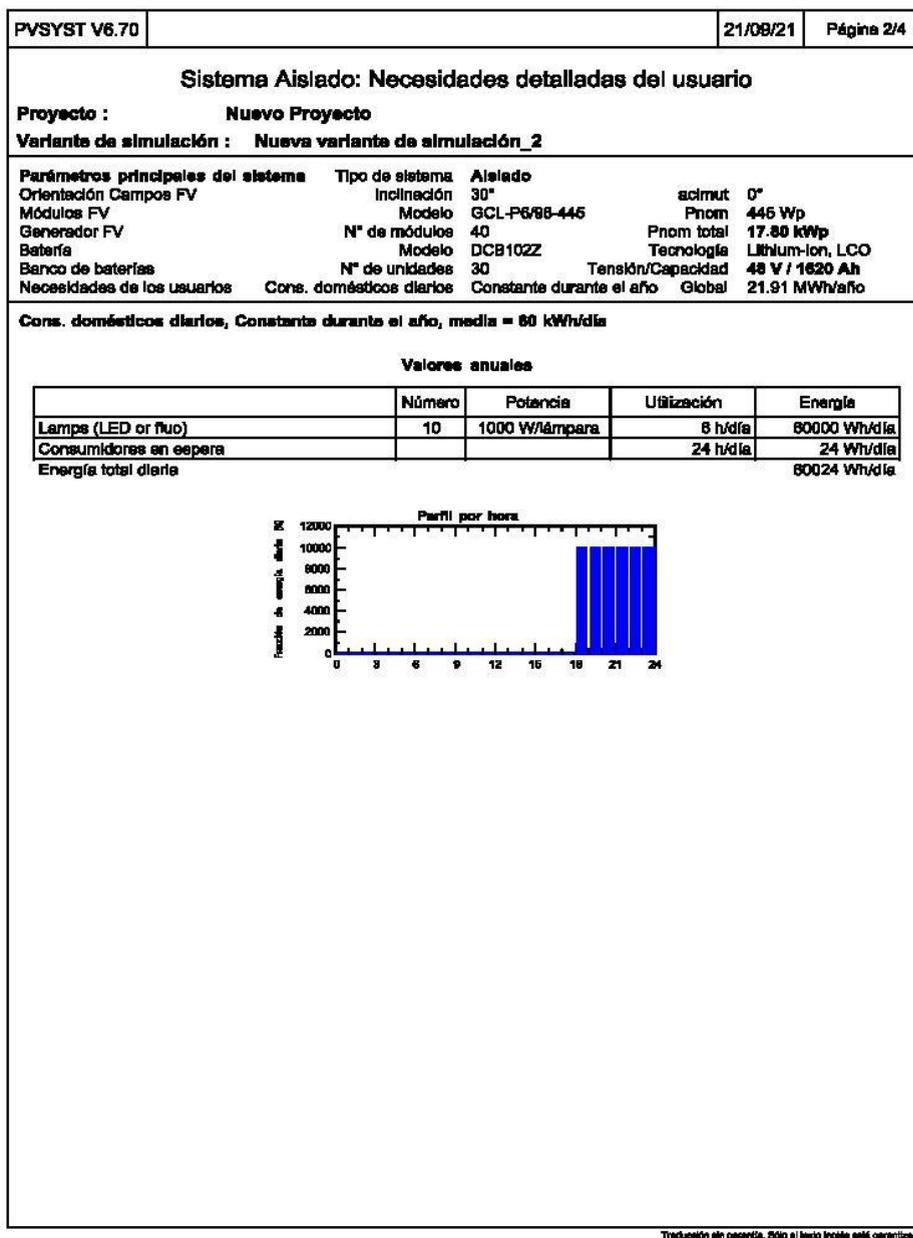


Figura 68 – Hoja 2 Diseño fotovoltaico

En la figura 68, se muestra la hoja 2 del reporte final del sistema aislado propuesto, aquí se muestran los resultados generales a modo de resumen, incluyendo las necesidades usuarias y el número de horas a usar por día, mostrado en gráfico.

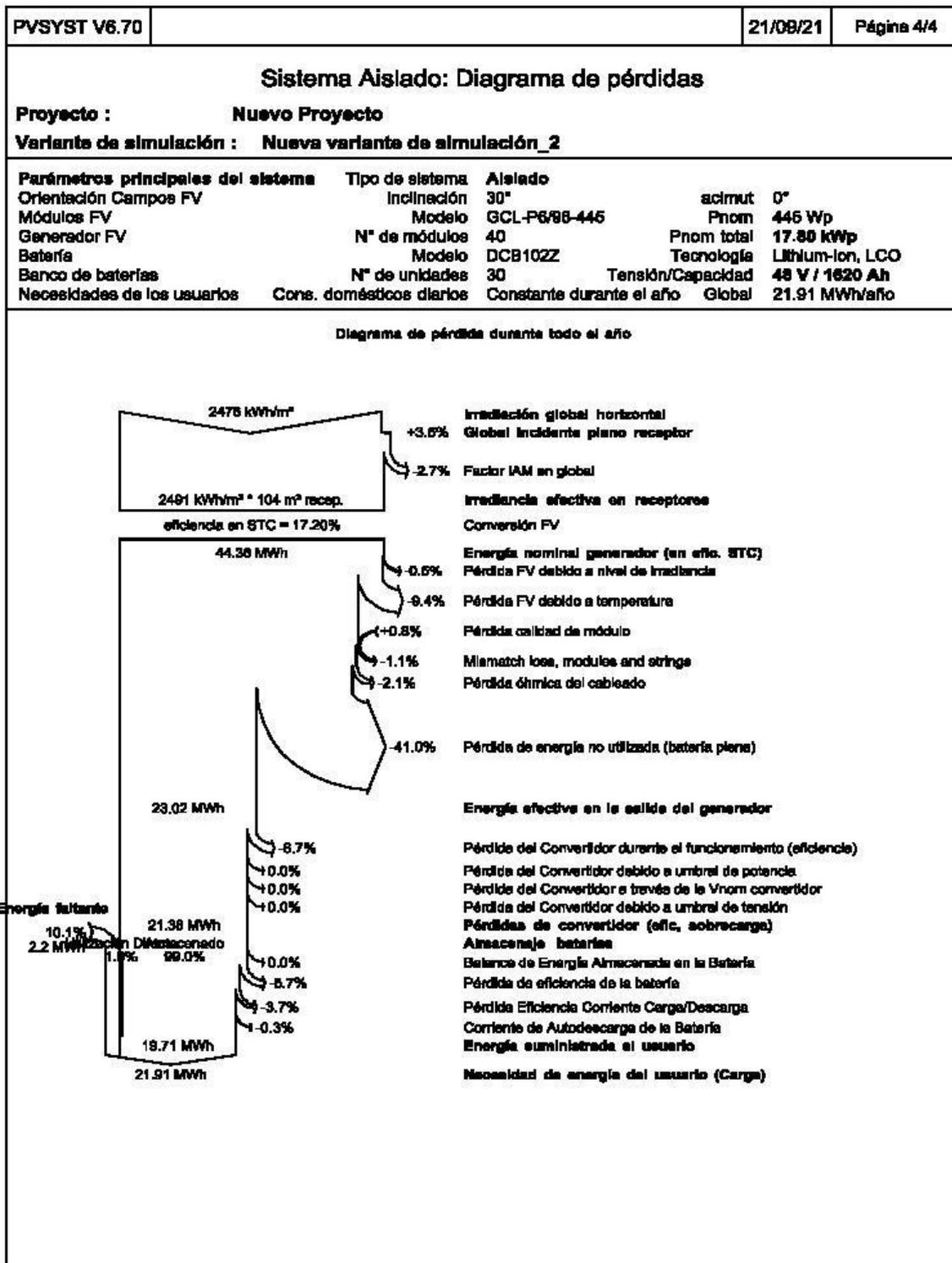


Figura 69 - Hoja 4, Diseño Fotovoltaico

En la figura 69, se muestra la hoja 4 del reporte final del sistema aislado propuesto, aquí se muestran los resultados generales a modo de resumen, incluyendo las pérdidas de energía del sistema durante todo el año.

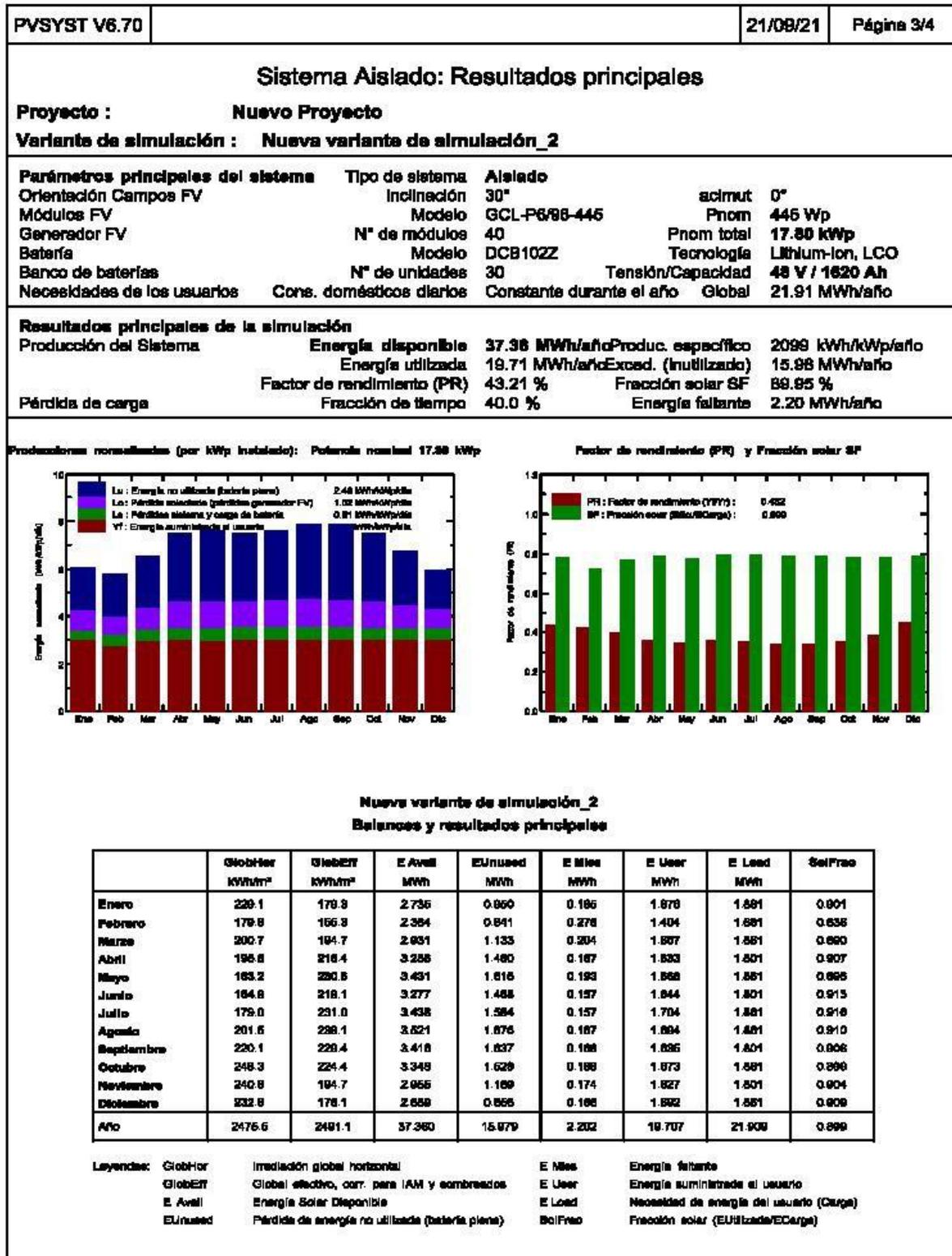


Figura 70 - Hoja 3 Diseño Fotovoltaico

En la figura 70, se muestran parámetros principales del sistema, así como resultados principales de simulación, y se muestran los gráficos de energía a usar, energía perdida y energía sobrante.

Tabla 8 - Costos del sistema

Cuadros comparativo insumos y consumos energéticos										
Sistema eléctrico convencional con torres de iluminación conectadas a la red pública	Consumo eléctrico por luminaria Kw	Consumo por 15 luminarias Kw	Consumo eléctrico por torre 15 luminarias en Kw	Consumo eléctrico general por 4 torres en Kw	Consumo por 6 horas de uso en Kw/6h	Consumo de energía por 30 días en Kw	Factor de conversión de costo SEAL	Costo de consumo mensual (Soles)	Gasto anual	Recuperación de inversión en años
Sistema fotovoltaico solar	1.5	22.5	22.5	90	540	16200	0.6536	10588.32	127059.84	*
	Costo por sistema de panel (40 und) (Soles)	Costo de baterías de litio por sistema (Soles)	Costo de soporte de integración por sistema (Soles)	Costo de regulador por sistema (Soles)	Costo del inversor por sistema (Soles)	Costo Inversor Interconexion Symo 20.0.3-S WLAN/LAN/WEBSERVER – Trifásico (Soles)	Costo Cables, cajas de paralelo, material de sujeción (Soles)	Otros (Soles)	Total, en soles por sistema (Soles)	Total de soles por el sistema solar fotovoltaico (Soles)
	48000	14700	10000	1200	15000	196 7341	12500	9000	117741	470964
<ul style="list-style-type: none"> (*) – No existe recuperación de inversión ya que es un costo fijo directo para el sistema eléctrico convencional Recuperación de inversión en años del sistema solar fotovoltaico = 3.7 años 										

67

En la tabla 8 se visualiza la comparación económica entre el sistema eléctrico convencional del estadio Mariano Melgar y la propuesta técnica del sistema solar fotovoltaico propuesto en esta investigación, en cuanto a la generación de energía, gastos y recuperación de inversión.

Se podría mejorar la iluminación, implementando 02 o 04 sistemas, en las zonas sur y norte.

DISCUSIONES:

- A comparación de otros recintos deportivos a nivel sudamericano que ya han tomado el camino hacia la sustentabilidad, tales como el estadio Atanasio Girardot en Colombia, que cuenta con unos 80 paneles solares instalados, aún sigue su camino hacia una sustentabilidad mayor, ya que sigue siendo híbrido, así como el estadio Jorge Luis Hirschi del equipo argentino “Estudiantes de la Plata”, que a pesar de solo cubrir un 40% de consumo con energía renovable, ha llegado a recibir una certificación internacional, y no tiene que ver solamente con el sistema fotovoltaico sino con el sistema integrado del estadio, mencionando elementos como residuos sólidos y su manejo adecuado, aprovechamiento de agua de lluvia, el estadio Mariano Melgar posee una realidad distinta, ya que la ciudad de Arequipa se encuentra en otra latitud en el hemisferio sur, que no le permite aprovechar por ejemplo agua de lluvia puesto que durante casi todo el año no se tiene lluvia, a excepción de los meses de verano, (Diciembre, Enero y Febrero, Marzo), por el contrario si hay elevada radiación solar, lo que le permite a los paneles solares alcanzar sus picos máximos de potencia para así tener más energía almacenada en menor tiempo. En cuanto a inversiones en dinero, el estadio Atanasio Girardot logró el proyecto fotovoltaico en su recinto con un total de 142 millones de pesos colombianos que es igual a 37650.80 dólares, el estadio de Jorge Luis Hirschi, fue renovado con un total de 45 millones de dólares, que involucró casi todos los aspectos arquitectónicos y civiles del estadio. Europa nos lleva mucha ventaja, en cuanto a recintos deportivos sustentables, así como EEUU, México y otros lugares en el mundo, pero un impulso o motivación en la ciudad de Arequipa mediante un proyecto de este tipo, sería ideal para contagiar a otros estadios locales a desarrollar estos proyectos sustentables.
- A diferencia de estadios brasileros, como Pituacu en Salvador de Bahía, o el Propio Mineirao en Minas Gerais, se consigue entender que estos mismos aprovechan la forma y diseño arquitectónico de todo el estadio, para así colocar los sistemas de paneles fotovoltaicos en toda superficie que se pueda encontrar, no desaprovechando casi nada, esto se puede lograr con paneles fotovoltaicos flexibles. Lo que permite abarcar más espacio. Hablando del estadio Mariano Melgar en cuanto a superficies planas y sin uso, pues posee pocas superficies planas y de gran extensión, que no le facilita la implementación de sistemas fotovoltaicos, es por ello que se requiere de infraestructura adicional. La presente tesis muestra alternativas en cuanto a un nuevo sistema de

iluminación se refiere, es decir manteniendo las torres actuales, lo que implicaría una mejora total de su sistema de seguridad, llegando a cambiarlas por nuevas torres para ser alimentadas ya desde un sistema renovable solar, pero en cuanto a abastecimiento mediante cableado supondría pérdidas de energía por las distancias entre paneles solares, baterías y cables. El estadio Mariano Melgar podría llegar a ser de mayor clase, pero necesita alcanzar metas en que exige la FIFA en iluminación, además no solo es la iluminación, es el sistema de seguridad, el incremento de tribunas para mayor público, mejoramiento de graderías, de los servicios higiénicos, la colocación del tablero electrónico, reloj, remodelación de cabinas de transmisión, etc.



6. CONCLUSIONES

PRIMERA: El Deterioro del sistema eléctrico actual del Estadio Mariano Melgar es evidente, y ha inhabilitado las funciones del mismo ya durante varios años, claro está recordar que la pandemia por COVID-19 ha impedido su uso deportivo al 100% por largos meses (10-12), actualmente viene siendo usado de manera particular, por atletas que pagan para entrenar ya que el aforo viene retornando a su normalidad.

SEGUNDA: El modelo 3D generado puede servir como una base para el desarrollo de otros proyectos con asistencia virtual dentro del estadio Mariano Melgar, ya que ha sido elaborado con un 85% de fidelidad a la realidad en cuanto se refiere a su diseño de tribunas, ingresos, arcos u otros elementos, eso sí, con escala realista (dimensiones reales)

TERCERA: El estadio Mariano Melgar es el “hábitat” de ciertas especies animales, tales como gallinazos, palomas, búhos, dada la existencia de jardines y de algunos árboles (que se encuentran en las afueras del estadio) y obviamente del césped natural del estadio de fútbol que es regado para su mantenimiento, lo que atrae a distintas clases de ave de la localía por el gran espacio abierto que usan para volar con tranquilidad y agua que pueden beber.

CUARTA: Los cálculos de consumo (en el caso hipotético en el que las 4 torres estuviesen funcionando a su 100% con el sistema convencional) generaría un gasto energético mensual de un estimado de 16,2 Kw lo que se traduce en un consumo por mes de 10588,32 soles. lo que haría muy costosa su solventación.

QUINTA: El costo de implementación del sistema solar fotovoltaico propuesto es de aproximadamente 470940,00 nuevos soles, cuya inversión es recuperada en aproximadamente 4 años, lo que significa que el sistema fotovoltaico es viable y traería consigo beneficios económicos y culturales a la ciudad de Arequipa y sobre todo desarrollo deportivo en el ámbito nacional.

SEXTA: En la propuesta, el tipo de paneles a utilizar es de Si-Policristalino y las baterías son de litio (Ojo que las baterías tienden a ser más en número si su voltaje es bajo) y pueden variar según la existencia de los mismos en el mercado peruano, pero han sido tomados de bibliografía de empresas europeas y asiáticas existentes. Lo que la hace una propuesta acomodable.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda contactar con los dueños o socios del estadio Mariano Melgar para discutir sobre la propuesta técnica presente en este estudio.
2. Se recomienda quitar las torres o cambiarlas, aunque supone un gasto fuerte, pero daría seguridad a los espectadores, así como al escenario deportivo en la cuestión lumínica.
3. Se recomienda seguir la tendencia del uso de energías renovables en estadios de diferentes categorías aquí en el medio local, ya que aporta desarrollo y modernización, ingenio en el diseño, trabajo y sobre todo aporte al medio ambiente.
4. Se recomienda utilizar data meteorológica proveniente del SENAMHI, debido a que el software PVSyst, posee una base de datos, ciertamente generales, pero que se acercan a la realidad, y es por tal motivo que fueron usados.
5. Se recomienda utilizar paneles fotovoltaicos flexibles ya que son menos pesados, pero algo costosos, y vincular a empresas internacionales que los fabrican y venden con el mercado nacional.
6. Se recomienda arborizar toda el área exterior del estadio Mariano Melgar ya que es un espacio altamente aprovechable para fines ambientales y urbanos, lamentablemente los fines lucrativos de alquiler de dichos espacios son básicamente la barrera que impiden hacerlo.
7. En tal sentido, dada la recomendación número 6, podría aprovecharse el agua que filtra del riego del césped natural, con un sistema de drenes hacia los exteriores, algo que claramente refiere a un proyecto ingenieril interesante, para el reaprovechamiento de agua.
8. En cuanto a la energía remanente esta puede ser utilizada para la práctica deportiva (Atletismo, Voley, Boxeo, etc) otros eventos de carácter cultural o recreativo como danzas o conciertos. Además se consideraría la iluminación del perímetro externo del estadio lo que contribuiría a la mejora de la seguridad de manera permanente en horario nocturno. Otra alternativa de uso de la energía remanente es, venderla a usuarios particulares que utilizan el entorno del estadio para sus actividades comerciales, ya que se entiende que las leyes peruanas no permiten vender energía al estado, pero si a terceros (empresas privadas, uso doméstico), con lo que se estaría generando un entorno urbano sustentable, que no estaría limitado al propio estadio.

8. REFERENCIAS

1. Al Katsaprakakis, D., Dakanali, I., Zidianakis, G., Yiannakoudakis, Y., Psarras, N., & Kanouras, S. (2019). Potential on energy performance upgrade of national stadiums: A case study for the Pancretan Stadium, Crete, Greece. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/app9081544>
2. Chronis, A. G., Palaiogiannis, F., Kouveliotis-Lysikatos, I., Kotsampopoulos, P., & Hatziargyriou, N. (2021). Photovoltaics enabling sustainable energy communities: Technological drivers and emerging markets. *Energies*, 14(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/en14071862>
3. Kutz, M., & Elkamel, A. (2010). Environmentally Conscious Fossil Energy Production. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
4. Mizan, M., & Kabir, A. (2021). *Economics and sustainability analysis of Solar Photovoltaics (PV) for electricity generation in Singapore Economics and sustainability analysis of Solar Photovoltaics (PV) for electricity generation in Singapore of the requirements of the Master of Bu* (Issue May). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15401.52323>
5. Orozco, C., Pérez, A., González, M. N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2003). Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. In *Ediciones Par aninfo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v12n20/v12n20a07>

6. Osinergmin. (2019). Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú Hacia la Transición Energética. In *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
7. PNUD. (2002). *Manual sobre energía renovable solar fotovoltaica, fortalecimiento de la capacidad en energía renovable para América Central*.
8. Rafferty, J. (2011). *Climate and Climate Change* (Britannica Educational Publishing (ed.)).
9. Sunter, D. A., Berkeley, P. M., & Kammen, D. M. (2016). City-integrated photovoltaics sustainably satisfy urban transportation energy needs. *The Sustainable City XI, 1*(Sc), 559–567. <https://doi.org/10.2495/sc160471>
10. Tiwari, G. N., Tiwari, A., & Shyam. (2016). *Solar Water-Heating Systems Á Natural circulation Á Forced circulation Á Heat* (Issue i). <http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-0807-8>
11. Vargas, P. (2013). *El cambio climático y sus efectos en el Perú* (Vol. 51, Issue 3).
12. Wright, Richard T., D. F. B. (2019). *Environmental Science Toward A Sustainable Future* (Vol. 53, Issue 9).
13. Berg, K., Resch, M., Weniger, T., & Simonsen, S. (2021). Economic evaluation of operation strategies for battery systems in football stadiums: A Norwegian case study. *Journal of Energy Storage*, 34(September 2020), 102190.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2020.102190>

14. del Castillo, G. L. (2010). Ecurbanismo: Ciudad, Medio ambiente y Sostenibilidad. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
15. Fraga, M. M., Campos, B. L. de O., Almeida, T. B. de, Fonseca, J. M. F. da, & Lins, V. de F. C. (2018). Analysis of the soiling effect on the performance of photovoltaic modules on a soccer stadium in Minas Gerais, Brazil. *Solar Energy*, 163(April), 387–397. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.025>
16. Wergeland, E. S., & Hognestad, H. K. (2021). *Reusing Stadiums for a Greener Future : The Circular Design Potential of Football Architecture*. 3(July), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.692632>
17. Yüce, A., Katırcı, H., & Gökce Yüce, S. (2021). Examination of sustainable features of stadiums as an integral part of sustainable urban development: the case of Turkey. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 22(1), 142–163. <https://doi.org/10.1108/IJSMS-05-2020-0091>
18. Boluarte, R., & Ninaja, N. (2019). *Universidad Católica de Santa María Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Arquitectura*.
19. Cabrera, B., & Bernal, D. (2013). *Proyecto de alumbrado para un campo de futbol soccer*. Instituto Politécnico Nacional de México.
20. FIFA. (2007). *Football Stadiums 4th edition Football Stadiums Technical recommendations and requirements*.
21. Interact, S. (2019). *Estudiantes de La Plata Una experiencia deportiva superior con Interact Sports*. www.interact-lighting.com/es-ar%0A©
22. Jaramillo, E. H. De. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 188–201.
23. Olof Ramström. (2019). Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2019 LITHIUM-ION BATTERIES. In *The royal swedish academy of sciences* (Vol. 50005, 74

pp. 0–13). <https://www.nobelprize.org/uploads/2019/10/advanced-chemistryprize2019.pdf>

24. Osinergmin. (2019). Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú Hacia la Transición Energética. In *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
25. Schneider Electric. (2021). *Electrificando el primer estadio de fútbol con certificación EDGE del mundo*. solar.schneider-electric.com
26. Van del Linden, T., & Szabolcs, M. (2018). Los estadios más solares del mundo. *Suplemento Energías Renovables*, 42–48.
27. Zomer, C. D., Nascimento, L., & Braun-grabolle, P. (2014). *Relatório Estádios Solares Opção Sustentável para a Copa 2014 no Brasil*.