

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico interconectado para la  
iluminación del complejo deportivo de Escuintla**

Trabajo de graduación presentado por Elizabeth Naomi Baños Mejía para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil

Guatemala,

2023



**Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico interconectado para la  
iluminación del complejo deportivo de Escuintla**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico interconectado para la  
iluminación del complejo deportivo de Escuintla**

Trabajo de graduación presentado por Elizabeth Naomi Baños Mejía para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil

Guatemala,

2023

Vo. Bo. :

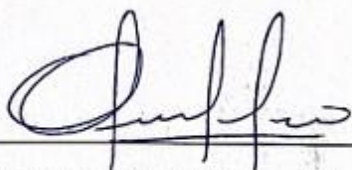


(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Carlos Escobar Polanco

Tribunal Examinador:



(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Carlos Escobar Polanco



(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Otoniel Alejandro Echeverría Castellanos



(f) \_\_\_\_\_  
Arq. Valentina Leal

Guatemala, 5 de diciembre 2023.

## **Prefacio**

Este trabajo surge de la necesidad que se experimenta al no poder practicar deporte debido a la falta de visibilidad lumínica en los horarios matutinos y vespertinos, en el Complejo Deportivo de Escuintla. Este conjunto de instalaciones deportivas cuenta con instalaciones variadas como: una piscina olímpica, 9 canchas deportivas destinadas a la práctica de fútbol, tenis, baloncesto y voleibol; un gimnasio y albergues para el uso de los atletas. Sin embargo, un problema presente y que afecta el desempeño de todos aquellos que emplean estas instalaciones es la falta parcial o total de iluminación dentro de sus distintas zonas.

Guatemala es un país que por su posición geográfica cuenta con 12 h y 7.5 min promedio de iluminación natural por día. La falta de este recurso se compensa con el uso de iluminación artificial. Sin embargo, cuando no se cuenta con ninguno de los dos, se produce un problema que afecta el desempeño con el que una persona conduce sus actividades cotidianas. En la rama deportiva esto puede reducir la visibilidad, aumentar el riesgo de lesiones, causar fatiga visual, dificultar la percepción de velocidad y distancia, y puede tener un impacto psicológico negativo en los atletas. La iluminación adecuada es fundamental para optimizar el rendimiento y la seguridad en el deporte.

La mayoría de la población guatemalteca mantiene horarios laborales o académicos fijos, lo que limita su disponibilidad para participar en actividades extracurriculares, como la práctica deportiva. Lo que conlleva a que los horarios típicos para la práctica deportiva sean de 4 a 7 de la mañana y de 6 a 9 de la tarde. Estos horarios, sin embargo, presentan desafíos en cuanto a la iluminación, ya que la iluminación natural en este horario no cumple con los estándares requeridos para la práctica segura de deportes. En consecuencia, muchas personas en la comunidad de Escuintla se ven obstaculizadas para participar en actividades deportivas.

El propósito esencial de este trabajo es demostrar cómo la implementación de fuentes de energía renovable pueden desempeñar un papel fundamental en la solución de problemas apremiantes, como la insuficiencia del recurso energético destinado a la alimentación de sistemas de iluminación en las canchas deportivas, y su impacto directo en el desarrollo y la calidad de vida de una comunidad.

Este trabajo tiene un enfoque dual: en él se aborda la problemática local ante la falta de iluminación en las canchas deportivas, reconociendo cómo esta carencia afecta negativamente a la comunidad en términos de salud, oportunidades de recreación y desarrollo deportivo. A su vez, se explora el potencial de las fuentes de energía renovable, en particular, la energía solar, como una solución sostenible y económicamente viable para satisfacer las necesidades energéticas de iluminación.

Se busca que este trabajo sirva como un modelo base para futuros proyectos en comunidades similares al demostrar cómo el uso de energías renovables abre una brecha de posibilidades que permitan solucionar y contribuir al cumplimiento del compromiso de los objetivos de mitigación del cambio climático. Esta sinergia entre la resolución de problemas locales y la contribución a objetivos globales es esencial para construir un futuro más sostenible y equitativo.

# Contenido

	Página
<b>Prefacio</b> .....	<b>IV</b>
<b>Lista de gráficos</b> .....	<b>VII</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>II. Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
<b>III. Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>IV. Objetivos</b> .....	<b>5</b>
A. Objetivo general.....	5
B. Objetivos específicos .....	5
<b>V. Alcance</b> .....	<b>6</b>
<b>VI. Marco teórico</b> .....	<b>7</b>
A. Energía y sus comienzos .....	7
B. Impacto ambiental.....	7
C. Energías renovables .....	8
D. Energía Solar.....	8
E. Contexto regional.....	9
1. Costa Rica .....	9
2. México .....	9
3. El Salvador.....	10
4. Brasil.....	11
F. Contexto en Guatemala (matriz energética).....	12
G. Energía solar fotovoltaica .....	12
H. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	13
I. Orientación correcta del módulo.....	13
J. Sombreados parciales.....	14
K. Dimensionamiento sistema fotovoltaico interconectado .....	14
L. Mantenimiento y cuidados del sistema FV .....	15
M. Características del lugar (Escuintla, Guatemala).....	16
<b>VII. Metodología</b> .....	<b>17</b>
1. Características decisivas del lugar: .....	17
a. Irradiancia en el lugar: .....	17
b. Temperatura del ambiente.....	17
c. Área disponible: .....	17

d. Energía producida .....	17
2. Módulos fotovoltaicos .....	18
3. Tipo de sistema .....	18
4. Presupuesto .....	18
5. Diseño de sistema .....	18
<b>VIII. Resultados .....</b>	<b>19</b>
A. Ubicación .....	19
1. Descripción del lugar .....	19
2. Irradiancia en el complejo deportivo (Hora solar pico - HSP) y temperatura.....	20
3. Opciones de áreas .....	21
4. Visita de campo para elección del sitio.....	22
5. Método de selección de área .....	25
6. Área seleccionada: Techo cancha de baloncesto de suela .....	26
7. Diseño de iluminación de canchas.....	27
B. Resultados de modelo 3D cancha de tenis .....	28
C. Resultados de modelo 3D cancha de fútbol .....	30
D. Resultados de modelo 3D cancha de baloncesto.....	32
E. Resultados de modelo 3D cancha de voleibol .....	34
F. Estimación de consumo energético.....	36
G. Módulo fotovoltaico.....	36
H. Distribución de MF en el techo (inclinación, separación entre filas y columnas) .....	36
I. Análisis económico.....	37
<b>IX. Conclusiones.....</b>	<b>38</b>
<b>X. Recomendaciones .....</b>	<b>39</b>
<b>Xi. Bibliografía .....</b>	<b>40</b>
<b>XII. Anexos.....</b>	<b>43</b>
Anexo A. Cálculos de cantidad de módulos fotovoltaicos para suplir el consumo de energía..	43
Anexo B. Análisis económico.....	44
Anexo C. Resultados de cancha en DIALux por cancha .....	45
Anexo D. Hoja técnica de luminaria 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO .....	49
Anexo E. Hoja técnica de módulo fotovoltaico Tiger Pro 72HC-BD.....	50
Anexo F. Plano de distribución de módulos fotovoltaicos .....	52
Anexo G. Irradiación solar atlas Escuintla.....	53
Anexo H. Normas reglamentarias UNE 12.193 para la iluminación de instalaciones deportivas .....	56
Anexo I. Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE2 AGIES .....	57
Anexo J. Ficha técnica estructura para soportar paneles L feet .....	58
Anexo K. Ficha técnica de otras opciones de luminarias .....	59



## Lista de gráficos

Ilustración	Página
Ilustración 1. Generación de electricidad de Guatemala 2000-2020 .....	2
Ilustración 2. Generación de electricidad -Solar (2000-2020) .....	2
Ilustración 3 Instalación de paneles solares en el techo del edificio "Gordon Track and Tennis" ...	3
Ilustración 4. Emisiones promedio de GEI a nivel mundial .....	8
Ilustración 5. Estructura de la producción de energía 2022 .....	9
Ilustración 6. Matriz de generación mensual 2019-2022 .....	10
Ilustración 7. Matriz de generación acumulada 2022 .....	10
Ilustración 8. Matriz energética de Brasil 2022 .....	11
Ilustración 9. Matriz energética de Brasil 2013-2022 .....	11
Ilustración 10. Esquema de un Sistema Fotovoltaico conectado a la red .....	13
Ilustración 11. Vista satelital complejo deportivo .....	19
Ilustración 12. Irradiación y temperatura en el complejo deportivo de Escuintla.....	20
Ilustración 13. Irradiación anual en el complejo deportivo de Escuintla .....	20
Ilustración 14. Esquema de posibles áreas para colocar los MF.....	21
Ilustración 15. Techo de vestidores piscina olímpica .....	22
Ilustración 16. Fachada noreste de vestidores piscina olímpica .....	22
Ilustración 17. Fachada norte de vestidores piscina olímpica.....	23
Ilustración 18. Fachada noreste de cancha de baloncesto techada.....	23
Ilustración 19. Estructura interna de cancha de baloncesto techada .....	24
Ilustración 20. Albergue deportivo .....	24
Ilustración 21. Fachada albergue deportivo .....	24
Ilustración 22. Techo cancha de baloncesto.....	26
Ilustración 23. Estructura interna de cancha de baloncesto techada .....	26
Ilustración 24. Hoja técnica de luminaria seleccionada .....	27
Ilustración 25. Vista isométrica cancha de tenis modelo 3D .....	28
Ilustración 26.(a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias tenis .....	28
Ilustración 27.(a) Vista frontal (b) Vista superior cancha de tenis .....	28

Ilustración 28. Resultados sobre la superficie cancha de tenis .....	29
Ilustración 29. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha de tenis .....	29
Ilustración 30. Vista isométrica cancha de fútbol modelo 3D .....	30
Ilustración 31. (a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha fútbol.....	30
Ilustración 32. (a) Vista frontal (b) Vista superior cancha fútbol .....	30
Ilustración 33. Resultados sobre la superficie cancha de fútbol .....	31
Ilustración 34. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha fútbol .....	31
Ilustración 35. Vista isométrica cancha de baloncesto modelo 3D.....	32
Ilustración 36. (a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha baloncesto .....	32
Ilustración 37. (a) Vista frontal (b) Vista en campo cancha baloncesto .....	32
Ilustración 38. Resultados sobre la superficie cancha baloncesto.....	33
Ilustración 39. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha baloncesto .....	33
Ilustración 40. Vista isométrica cancha de voleibol modelo 3D.....	34
Ilustración 41.(a) Vista en isométrica con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha voleibol .....	34
Ilustración 42. (a) Vista frontal (b) Vista superior cancha voleibol.....	34
Ilustración 43. Resultados sobre la superficie voleibol.....	35
Ilustración 44. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha de voleibol.....	35
Ilustración 45. Vista en planta de la distribución de paneles solares sobre el techo .....	37

## **Resumen**

El siguiente trabajo contextualiza la problemática vinculada al impacto climático y el compromiso de Guatemala para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se destaca la importancia de la energía solar en el desarrollo tanto individual como comunitario, así como su impacto positivo cuando se utiliza de manera óptima. En este caso, se explora su potencial en las construcciones destinadas a un uso comunitario para el desarrollo en el ámbito deportivo.

El documento presenta el diseño lumínico para cuatro canchas deportivas de baloncesto, voleibol, tenis y fútbol con el objetivo de mejorar las condiciones para la práctica deportiva. Para lograrlo se llevaron a cabo simulaciones de la iluminación utilizando el software DiaLux, asegurando que se cumplan los requisitos de uniformidad lumínica y brillo, en conformidad con las normativas europeas UNE 12.193 para la iluminación de instalaciones deportivas.

A partir del consumo energético de las luminarias, se desarrolló el cálculo y posterior dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado, aprovechando la ubicación en función de las características geográficas del complejo.

Por último, se efectuó un análisis financiero con el fin de evaluar la viabilidad económica del proyecto y calcular el período de recuperación de la inversión.

## **I. Introducción**

La energía es necesaria para mantener la vida en la Tierra, los seres vivos, desde las plantas hasta los animales, necesitan energía para llevar a cabo sus procesos vitales. Así mismo, es un pilar esencial del desarrollo tecnológico y de la civilización. Esta ha permitido la creación y desarrollo de tecnologías que mejoran la calidad de vida, como la comprensión en los procesos necesarios para la obtención de energía eléctrica, el transporte, la comunicación y la atención médica. La gestión sostenible de la energía es esencial para preservar el medio ambiente y abordar los desafíos relacionados con el cambio climático y la conservación de los recursos naturales.

Existen diversas fuentes de energía renovable en el mundo: eólica, hidráulica, biomasa, geotérmica, solar, entre otras. Entre las fuentes de energía renovables, la energía solar es la principal fuente que impulsa los patrones climáticos y meteorológicos en la Tierra. La energía solar es un campo que se puede explotar mucho más y de la que personas individuales podrían suplir sus necesidades eléctricas sin necesidad de utilizar o depender de una red eléctrica provista por la empresa eléctrica.

Guatemala tiene un gran potencial para generar energía. Sin embargo, solamente cuenta con un 15% de la potencia aprovechable. (MEM, 2018) Existen ciertas normativas que están promoviendo e incentivando el desarrollo de la inversión en energías renovables, como son el Decreto 52-2003 y el Acuerdo Gubernativo No. 211-2005 Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable. El poder generar y hacer uso de los recursos con los que contamos influirán positivamente al entorno, y como consecuencia a la población en general.

Una de las vías para ejercer un impacto positivo en el desarrollo de la población guatemalteca es la promoción de la utilización de energía solar para la mejora de las instalaciones deportivas. En Guatemala, la mayoría de las instalaciones deportivas ubicadas fuera de los centros metropolitanos suelen carecer de un mantenimiento adecuado y, a menudo, no experimentan renovaciones significativas, lo que resulta en instalaciones en estado precario.

Según el Presupuesto Ciudadano de 2023, proporcionado por el Ministerio de Finanzas Públicas, se asignó un 1.5% del presupuesto dentro del rubro de 'Asignaciones en Cumplimiento de los Acuerdos de Paz' para el apoyo al deporte federado. Este presupuesto presenta una oportunidad para la planificación y ejecución de proyectos, como el que se presenta en este trabajo, que buscan revitalizar y mejorar las instalaciones deportivas en comunidades fuera de los centros urbanos.

## II. Antecedentes

En Guatemala, a lo largo de los años la producción de potencia eléctrica se ha ido adaptando a través de fuentes renovables. Dentro de esta adaptación en la matriz energética para las fuentes renovables es importante señalar como la energía solar no es la más importante. En la ilustración 1 se observa la explotación de este, junto a otros recursos. Dando Indicios de la oportunidad que existe para expandir su potencial en el contexto nacional.

La potencia eléctrica solar producida en Guatemala en su mayoría proviene de plantas fotovoltaicas, pero poco a poco tanto personas particulares como empresas se han sumado a la producción de energía eléctrica para suplir sus necesidades ya sea parcial o totalmente.

Ilustración 1. Generación de electricidad de Guatemala 2000-2020

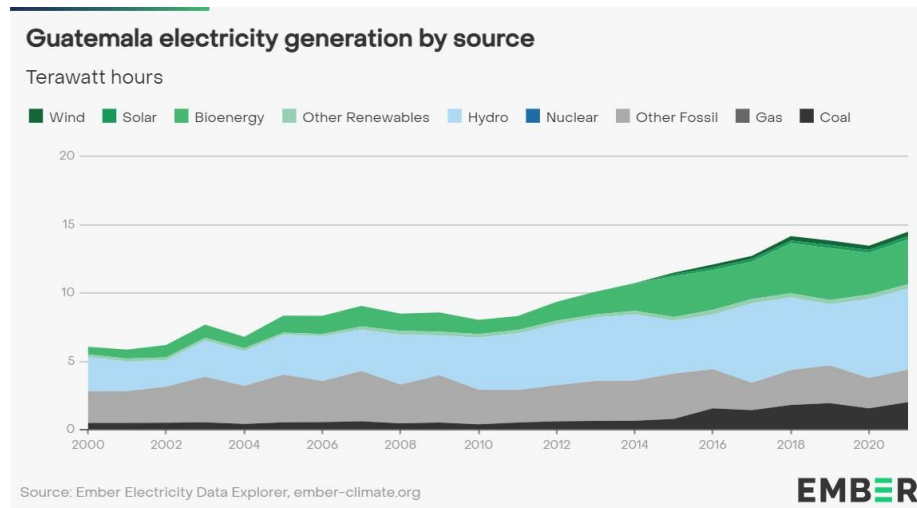
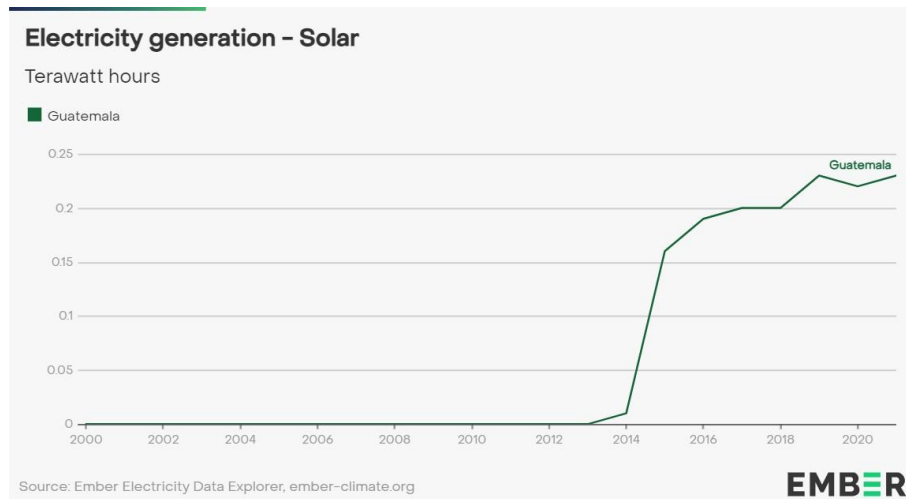


Ilustración 2. Generación de electricidad -Solar (2000-2020)



Un destacado ejemplo de éxito en el ámbito de la adopción de energía solar se encuentra en la Universidad de Harvard, donde se ha implementado un sistema fotovoltaico para abastecer de energía a las instalaciones deportivas, así como alimentar el sistema de iluminación de las canchas y edificios del campus. Este proyecto se caracteriza por la instalación de 2,275 paneles solares en el techo del edificio conocido como 'Gordon Indoor Track and Tennis Building'. (Durrant, 2012)

Este sistema fotovoltaico tiene una capacidad de generación de 591.5 kilovatios, con la estimación de reducir la emisión de aproximadamente 480 toneladas métricas de dióxido de carbono, lo que contribuye significativamente a la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono de la universidad. El proyecto representó un avance significativo en el compromiso de la Universidad de Harvard con la sostenibilidad y su objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La inversión realizada en este proyecto se amortizó en aproximadamente seis años. (Durrant, 2012)

Ilustración 3 Instalación de paneles solares en el techo del edificio "Gordon Track and Tennis"



*(Durrant, 2012)*

### **III. Justificación**

En las conferencias de las naciones unidas sobre cambio climático en el 2015 (COP21) 194 partes (193 países y la unión europea) acordaron de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global a 2 °C. Guatemala siendo uno de los países que firmó el acuerdo de París está comprometido a cumplir con lo acordado, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

Una forma de ayudar a alcanzar las metas propuestas es la implementación y uso de energías renovables en las construcciones existentes y las que están por construir. El acceso a energía es indispensable para el desarrollo económico, tecnológico, social y para llevar una vida cómoda mejorando la calidad de vida.

En Guatemala, según el Ministerio de Energía y Minas en su Informe General del año 2021; contó, en ese año, con un 70.89% de participación por parte de las fuentes renovables para la generación de potencia eléctrica, pero solamente el 2.7% de potencia eléctrica producida fue energía solar. Con la finalidad de contribuir al aumento de uso de energías renovables y el cumplimiento del acuerdo de París, se propone el diseño del sistema de paneles fotovoltaicos interconectados en el Complejo Deportivo de Escuintla.

Con el diseño de este sistema de módulos fotovoltaicos se pretende aportar un panorama general de lo que se necesita para diseñar un sistema que provea potencia eléctrica a otras instalaciones, y así futuras construcciones o construcciones existentes puedan transicionar a nuevas tecnologías.

El empleo de la luz es un recurso que acompaña a los humanos para resolver limitaciones físicas como poder ver en la oscuridad, pero también puede suplir necesidades sociales, intelectuales y de seguridad. Con el uso de la iluminación correcta se puede llegar a transformar un espacio e impactar la forma en que las personas se sienten estando en él.

Por otro lado, el deporte es un facilitador para el desarrollo, que promueve el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 3, 4, 5, 11, 16 y 17) contribuyendo a la integración de comunidades. Considerando el impacto positivo que el deporte genera se busca proporcionar condiciones óptimas para su práctica, y uno de los factores fundamentales para lograrlo es proporcionando la iluminación adecuada.

## **IV. Objetivos**

### **A. Objetivo general**

Especificar y diseñar las características de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, con capacidad para suministrar el 100% del requerimiento eléctrico de los sistemas de iluminación presentes en el Complejo Deportivo de Escuintla de acuerdo con estándares internacionales de instalaciones deportivas de alto rendimiento.

### **B. Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema solar fotovoltaico interconectado, con la capacidad de suministrar el 100% de la energía eléctrica consumida para la iluminación de las canchas deportivas.
- Analizar el tipo de tecnología, los niveles de iluminación y su distribución con la que cuenta el Complejo Deportivo de Escuintla y proponer la iluminación correcta según los estándares europeos de iluminación para las canchas de cada deporte
- Realizar un análisis financiero que determine el tiempo de recuperación de la inversión realizada con relación al gasto actual de energía y los beneficios económicos que conlleva el uso de tecnología empleada para la producción sostenible de energía eléctrica.



## **V. Alcance**

El presente proyecto comprende el cálculo y diseño de las siguientes instalaciones:

- Selección de luminarias para la iluminación de 4 canchas deportivas (Baloncesto, Fútbol, Voleibol y tenis).
  - Diseño de iluminación de cada cancha deportiva.
- Cumplimiento de eficiencia energética de las luminarias con respecto a la normativa UNE 12.193.
- Selección, distribución y cálculo de la cantidad de paneles solares fotovoltaicos.
- Análisis financiero del tiempo de recuperación de inversión de la propuesta.

## **VI. Marco teórico**

### **A. Energía y sus comienzos**

La energía se encuentra en todo lo que se consume y se usa, desde la energía que requiere el cuerpo para funcionar, hasta algo tan visible como cargar la batería de un celular. En la actualidad la energía es indispensable para el avance tecnológico y el funcionamiento básico de una ciudad. Esta proporciona un estilo de vida cómodo, hace que el transporte sea rápido y efectivo, permite una comunicación fluida y actual. Y también, proporciona seguridad con solo la iluminación de calles y lugares. Por eso, no se podría pasar un día sin utilizar alguna forma de energía. (Tara Energy, 2022)

El uso de energía comenzó desde el dominio del fuego por los humanos alrededor del año 790,000 A.d.C., años después alrededor de los 400 A.d.C se dio el uso de energía solar pasiva en los hogares en Grecia. Luego, se usa el primer molino de viento en el año 200 D.d.C., y alrededor del año 1,100 se introducen en toda Europa. (Meinel, A. B., & Meinel, M. P., 1982)

El descubrimiento de la cocina con carbón y la producción de coque da el inicio a la revolución industrial. A medida que los descubrimientos avanzan en el año 1848 en Nueva York se perfora el primero pozo de gas natural, y poco después en Pennsylvania en el año 1859 el primer pozo de petróleo. Más tarde se construye la primera planta solar y nuclear. (Escobar P., 2021)

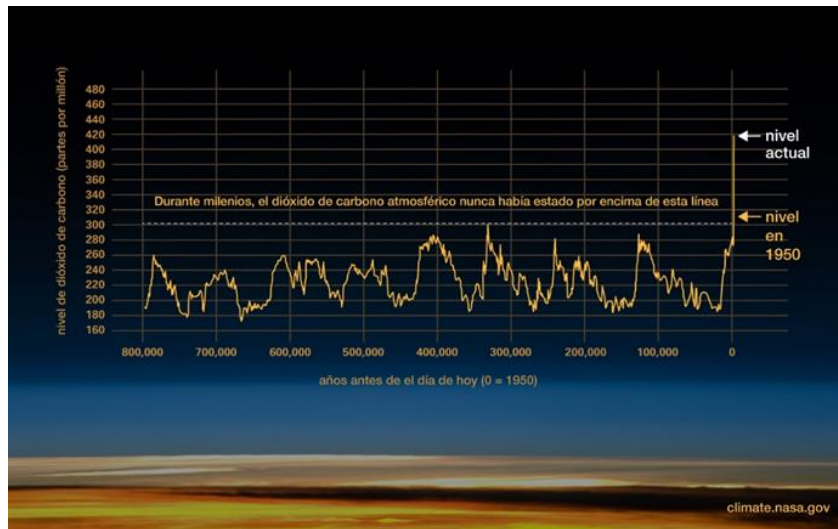
### **B. Impacto ambiental**

Desde el inicio de la revolución industrial se observa el impacto que tuvo la generación de potencia eléctrica en el medio ambiente y en el aumento del calentamiento global. Científicos empezaron a recabar evidencia concreta hasta el año 1980. En la ilustración 3 podemos ver como los niveles de dióxido de carbono no habían excedido las 300 partes por millón y a partir del año 1950 nos indica el aumento del dióxido de carbono que ocurrió desde la revolución industrial. (NASA, 2019)

La evidencia actual nos indica que el principal motivo de incremento en el calentamiento global es la producción de potencia eléctrica, ya que este representa el “60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero” (ONU, 2019)

Ya que la producción de potencia eléctrica genera la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero, se debe implementar soluciones que ayuden a la reducción de este porcentaje. Sabiendo que no se pueden generar energías 100% limpias, pero si se puede reducir el impacto de muchas. El efecto negativo genera un impacto a todo habitante del planeta y pone en riesgo su bienestar. Tomando en cuenta que el consumo de energía viene en aumento y seguirá aumentando se deben buscar distintas soluciones para cubrir el posible agotamiento de estos recursos. Por lo cual como soluciones para este problema surgen las energías renovables. (ONU, 2019)

Ilustración 4. Emisiones promedio de GEI a nivel mundial



(Luthi, colaboradores, & Etheridge, 2008, 2010)

### C. Energías renovables

Las energías renovables han ido siendo exploradas con el paso del tiempo y esto ha generado mejor aprovechamiento de los recursos que están disponibles. Se puede decir que la energía renovable es energía que se obtiene de una fuente que se “recarga” naturalmente, por eso son virtualmente inagotables, pero esto solo en duración, ya que si tienen un flujo y cantidad de producción limitado por unidad de tiempo. (Zaidi, 2018)

Las energías renovables más comunes son la hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y biomasa. La energía hidroeléctrica es la que la mayoría de los países toman como prioridad para desarrollar, ya que su nivel de fiabilidad y eficiencia es alto, también tienen bajos costos de operación y mantenimiento. Su desventaja es que varía según la precipitación ya que esta aumenta la cantidad de agua disponible, y es un factor que no se puede controlar. (Carson, 2008)

La energía eólica requiere de un lugar estratégico donde exista suficiente viento para mover los aerogeneradores que transforman el viento y producir energía mecánica que se usa para generar electricidad. La energía geotérmica conlleva de un proceso, este consiste en atrapar el calor bajo tierra que proviene del interior de la tierra y luego dirigirlo para que ponga a funcionar la turbina y luego genere electricidad. (Carson, 2008)

### D. Energía Solar

El Sol es el astro que provee al planeta tierra de energía, y esta energía es necesaria para la vida en la Tierra. El Sol influye tanto en la medición del tiempo, en el ciclo hidrológico, como en las corrientes oceánicas. También es la brújula de los ciclos químicos, geofísicos y biofísicos que mantienen el planeta funcionando como lo conocemos. Debido al alcance que tiene el Sol, este es indirectamente el principal factor que inicia muchas otras formas que generan energías renovables. (Espejo Marín, 2004)

## E. Contexto regional

La energía solar ha ido creciendo exponencialmente en todo el mundo, algunos países han podido aprovechar de su beneficio mejor que otros. Ya sea que su ubicación geográfica les permite tener una mejor producción de energía solar que otros países, o el uso estratégico de las tecnologías disponibles les permite tener una producción de energía significativa. Países:

### 1. Costa Rica

Costa Rica es uno de los países cuyo consumo de energía es cubierto en su gran mayoría por energías renovables, su matriz de energía se divide en: hidráulica 65.86 %, eólica 11.47%, geotérmica 7.31%, Biomásica 1.98%, solar 0.15% y 13.23% térmica. (DOCSE , 2023)

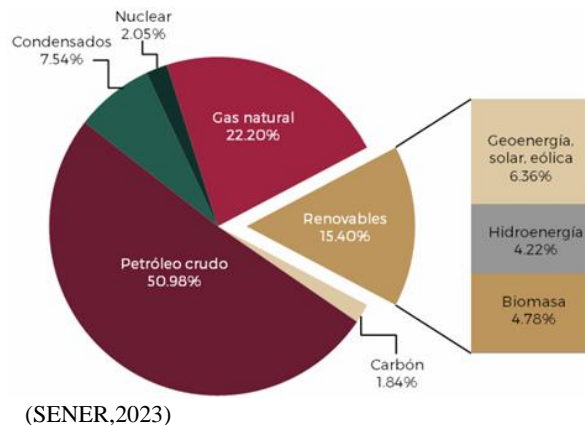
Como se ve en la matriz eléctrica se puede ver que la energía solar no es la fuente que provea mayor energía, pero su uso actual está siendo dirigido a la electrificación rural en zonas aisladas. Los dos parques solares que están incorporados en la matriz eléctrica son el Parque Solar Miravalles y el Parque Solar Juanilama. (DOCSE , 2023)

El Parque Solar Miravalles tiene un área de 2.7 hectáreas, cuenta con 4,300 Módulos solares y produce anualmente 1 megavatio. El segundo parque solar cuenta con 15,456 módulos solares y produce anualmente 4.4 megavatios. En total ambos parques tienen la capacidad de generar 5.4 megavatios, lo cual es un 0.15% de la capacidad instalada total. (DOCSE , 2023)

### 2. México

México genera su energía de fuentes diversas, como podemos ver en la ilustración 4 la producción de energía se divide en 6 categorías. Las energías renovables generan un 15.40% de la capacidad instalada total, solamente la solar produjo un 3.01% en el año 2022. (DOCSE, 2023) México cuenta con varias plantas solares, entre ellas la más grande en América Latina. El Parque Solar Villanueva fue fundada en el año 2018, tiene una potencia instalada de 828 MW.

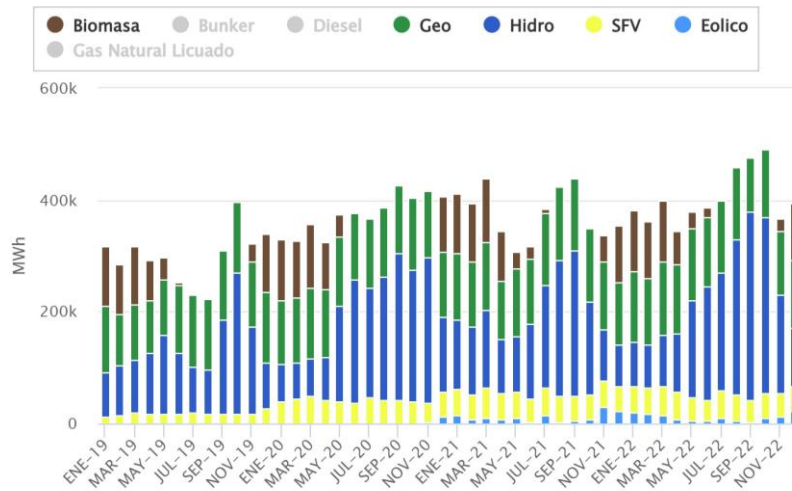
Ilustración 5. Estructura de la producción de energía 2022



### 3. El Salvador

La matriz energética de El Salvador está dada por 8 diferentes fuentes. Se puede ver que la producción de energía de forma renovable ha aumentado a lo largo de los 3 últimos años, la generación de energía con fuentes renovables acumuló un 75.96 % a la oferta nacional a lo largo del año 2022. (CNE, 2023)

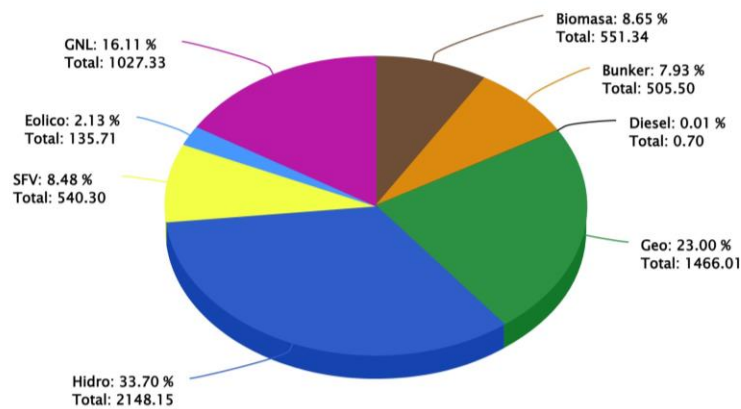
Ilustración 6. Matriz de generación mensual 2019-2022



(CNE, 2023)

El Salvador cuenta con la planta solar más grande de Centroamérica. La Planta Solar Providencia Solar 1 cuenta con 150,000 paneles solares y genera 101 MW. En total la energía solar aportó un 8.48% a la capacidad instalada total del sistema eléctrico nacional. (TSK, 2017)

Ilustración 7. Matriz de generación acumulada 2022



(CNE, 2023)

#### 4. Brasil

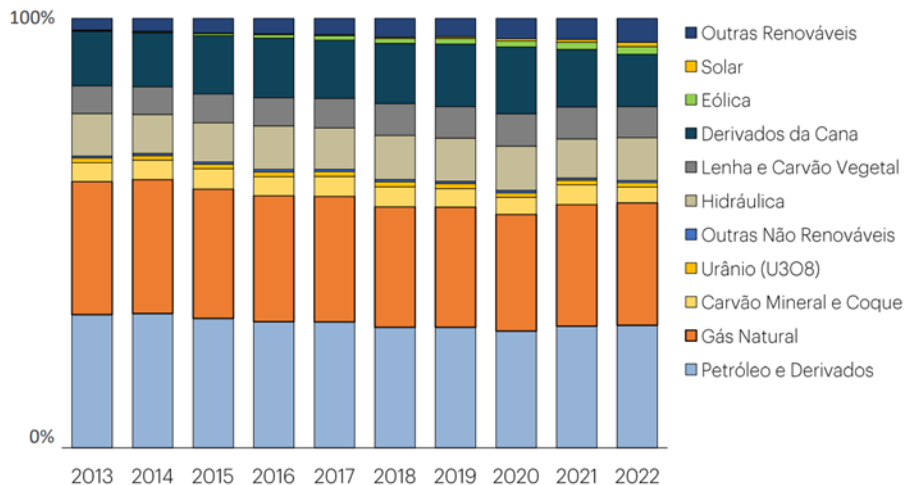
Brasil tiene una matriz energética donde todavía predominan las energías no renovables con un 52.6%, pero cada año el porcentaje de energías renovables va aumentando. La energía solar aportó un 1.2 % a la oferta nacional el año 2022, Desde el año 2013 ha aumentado de 0.2% a un 1.2%. (Empresa de pesquisa Energética, 2023)

Ilustración 8. Matriz energética de Brasil 2022



(Empresa de pesquisa Energética, 2023)

Ilustración 9. Matriz energética de Brasil 2013-2022



(Empresa de pesquisa Energética, 2023)

Aunque el porcentaje que aporta la energía solar a la oferta nacional puede parecer poco, Brasil es el país que produce más energía solar en toda Latinoamérica produciendo 24,079 MW en el 2022. (IRENA, 2023)

Brasil tiene unos de los parques solares más grandes de Latinoamérica. La Planta Solar Pirapora está ubicada en el estado de Minas Gerais y tiene una potencia instalada de 284 MW. La planta solar más grande del país es la Planta Solar Nova Olinda, ubicada en el estado de Piauí y tiene una potencia instalada de 292 MW. Otro ejemplo es El Parque Solar Lapa ubicado en el estado de Bahía tienen una potencia instalada de 158 MW.

## F. Contexto en Guatemala (matriz energética)

En Guatemala la matriz energética es mayormente suplida por energía renovable, claro que esto varía según la época del año. Ya que la mayoría de las fuentes de energía renovable están vinculados a la estación del año, en los meses de invierno es donde vemos la mayor producción de energía renovable, debido a que la mayor fuente de energía que tenemos es la hidráulica. En la semana 25 del año 2022 se llegó a producir un 86.6% de energía renovable, el 80.4% de la energía consumida en esa semana fue producida por un recurso hidrológico y solo un 1.4 % fue por un recurso solar. Gracias a esta producción solamente se consumió un 13.4% de energía no renovable. (CNEE, 2022)

Un caso opuesto es lo sucedido en la semana 20 del año 2022, en la cual se produjo solamente un 41.1% de energía renovable y un 58.9% de energía no renovable, de estos 41.1% solo un 1.6% fue energía producida por recurso solar. (CNEE, 2022)

A pesar de contar con un porcentaje tan bajo conformado por la producción de energía solar, Guatemala cuenta con uno de los campos solares más grandes de Centroamérica, esta planta fotovoltaica se llama HORUS I y II, tiene una superficie de 175 hectáreas y cuenta con 187,360 módulos solares. Producen entre las dos fases 93 MW de potencia (58 MW y 35MW). (CNEE, 2022)

## G. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la conversión de la radiación del sol a electricidad, para que esta conversión suceda se debe dar el efecto fotovoltaico, El módulo fotovoltaico hace posible este efecto, principalmente la célula fotoeléctrica ubicada en el panel solar. (Abella, 2005)

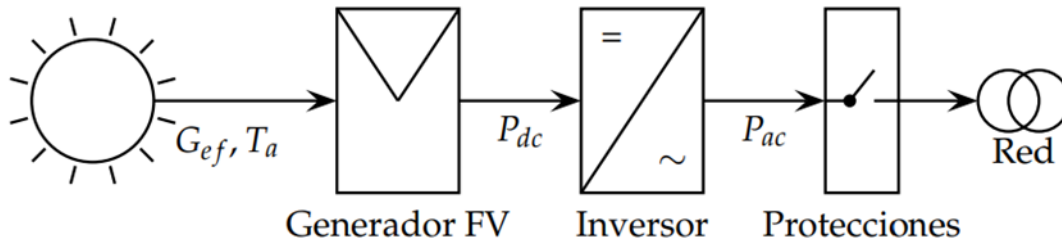
La energía fotovoltaica es una opción de energía renovable bastante flexible que permite tener diversas aplicaciones, los sistemas fotovoltaicos se pueden dividir en dos:

1. **Sistema Solar FV Interconectado** son los sistemas que tienen conexión a la red
2. **Sistema Solar FV Aislado** son los sistemas que generan energía de manera autónoma y por consecuencia están aislados a la red eléctrica.

La generación de energía varía según la irradiancia solar que reciben los paneles solares durante el día, esta energía se debe almacenar en baterías si es un sistema aislado para su uso o bien si es un sistema interconectado la energía se acumula en la propia red eléctrica. Dependiendo del tipo de sistema solar FV así variarían algunos de sus componentes. (Perpiñan L., 2013)

## H. Componentes de un sistema fotovoltaico

Ilustración 10. Esquema de un Sistema Fotovoltaico conectado a la red



(Perpiñan L., 2013)

Un sistema fotovoltaico está formado por:

- Generador fotovoltaico
- El Inversor es un equipo de acondicionamiento de potencia, realiza la conversión de corriente continua a alterna
- Regulador de carga
- Protecciones eléctricas

## I. Orientación correcta del módulo

La orientación correcta de un módulo fotovoltaico depende de su ubicación geográfica y del objetivo específico que se tenga para la instalación. En general, para maximizar la eficiencia de un sistema de paneles solares, se recomienda orientar los módulos fotovoltaicos hacia el sur en el hemisferio norte o hacia el norte en el hemisferio sur, de manera que estén orientados hacia el ecuador solar. (Brooks & Saddler, 2022)

A continuación, te proporciono algunos detalles adicionales:

Orientación hacia el sur (Hemisferio Norte): Si te encuentras en el hemisferio norte (por ejemplo, en América del Norte, Europa o Asia), la orientación ideal para los paneles solares es hacia el sur geográfico. Esto permite que los paneles capturen la mayor cantidad de luz solar a lo largo del día, ya que estarán expuestos al sol desde la mañana hasta la tarde.

Orientación hacia el norte (Hemisferio Sur): Si te encuentras en el hemisferio sur (por ejemplo, en América del Sur, África o Australia), la orientación ideal es hacia el norte geográfico. Esto también maximizará la exposición al sol durante el día.

**Inclinación del panel:** Además de la orientación, la inclinación del panel también es importante. En general, la inclinación debería ser igual al ángulo de latitud del lugar donde se encuentra la instalación. Sin embargo, en algunos casos, se puede ajustar la inclinación para maximizar la captura de luz solar durante ciertas estaciones. (Brooks & Saddler, 2022)



## **J. Sombreados parciales**

Se debe evitar la sombra sobre los paneles solares, ya que puede reducir significativamente su eficiencia. Las sombras de edificios, árboles u otros objetos pueden disminuir la producción de energía de los paneles, y a la larga se pueden dañar. (Watson, 2022) Es importante evitar sombra en las horas máximas de radiación solar. Se recomienda calcular el sombreado para el día de menor elevación del sol, que será el solsticio de invierno el 21 de diciembre. (Martínez Torres & Orts Grau, 2018)

## **K. Dimensionamiento sistema fotovoltaico interconectado**

El dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado implica determinar el tamaño adecuado del sistema solar para satisfacer las necesidades de energía del proyecto para el cual se está diseñando, considerando factores como el consumo eléctrico, la ubicación geográfica, la radiación solar, la orientación e inclinación de los paneles, y otros elementos clave. A continuación, se describirá un proceso general para dimensionar un sistema fotovoltaico interconectado (Martínez Torres & Orts Grau, 2018):

1. **Evaluar el consumo eléctrico:** Se comienza por analizar el consumo eléctrico actual del proyecto a suplir o calcular el posible consumo si el proyecto no está construido. Se debe evaluar el consumo en un período determinado (mensual o anual). Se debe expresar esta cantidad en kilovatios-hora (kWh).
2. **Determinar la ubicación geográfica:** La ubicación de la instalación fotovoltaica es un factor crítico. Se debe conocer la radiación solar promedio en el área. También se puede obtener esta información a partir de bases de datos climáticas o a través de servicios en línea.
3. **Calcular la radiación solar diaria:** la radiación se obtiene multiplicando la radiación solar promedio por la cantidad de días de sol al año. Esto dará la radiación solar diaria disponible en la ubicación del proyecto.
4. **Calcular el tamaño del sistema:** Utilizando la radiación solar diaria y el consumo eléctrico para calcular el tamaño del sistema necesario. La fórmula básica es:

Tamaño del sistema (en kWp) = Consumo eléctrico (en kWh) / (Radiación solar diaria (en kWh/m<sup>2</sup>/día) x Factor de conversión)

El factor de conversión se utiliza para ajustar la eficiencia y otros factores. Puede variar según el tipo de tecnología de paneles solares y las pérdidas del sistema, pero generalmente se encuentra entre 0.75 y 0.85.

5. **Considerar la orientación e inclinación:** se debe tomar en cuenta la orientación y la inclinación de los paneles solares. Lo ideal es que los paneles estén orientados hacia el sur en el hemisferio norte (o hacia el norte en el hemisferio sur) y que tengan una inclinación que coincida con la latitud de la ubicación del proyecto.
6. **Ajustar por pérdidas:** No existe un sistema sin pérdidas, en este caso las pérdidas típicas de un sistema solar pueden deberse a sombreado, suciedad, cableado y otros

factores. A menudo, se aplica un factor de pérdida del 10-20% al tamaño del sistema calculado.

7. Seleccionar los componentes: Una vez que se conozca el tamaño del sistema, se deben seleccionar los paneles solares, el inversor, los soportes, y otros componentes necesarios.

## **L. Mantenimiento y cuidados del sistema FV**

El mantenimiento y cuidado del sistema fotovoltaico es importante para garantizar su eficiencia y durabilidad a lo largo del tiempo. Como mantenimiento preventivo según el pliego de condiciones técnicas del IDAE se debe hacer una visita al año, esto si la potencia del sistema es menor a 5 kw<sub>p</sub>, pero si la supera eso debe darse cada 6 meses. (Martínez Torres & Orts Grau, 2018) Para asegurar el correcto funcionamiento se deben seguir algunas recomendaciones para mantener y cuidar adecuadamente el sistema fotovoltaico:

### **1. Limpieza regular de los paneles solares:**

La suciedad, el polvo y otros residuos pueden acumularse en la superficie de los paneles solares con el tiempo, lo que puede reducir la cantidad de luz solar que llega a las celdas solares. Con una limpieza periódica de los paneles con agua y un paño suave o una escoba con cerdas suaves. No se deben usar limpiadores abrasivos que puedan rayar la superficie de los paneles.

### **2. Inspección visual:**

Realizar inspecciones visuales periódicas para detectar daños o desgaste en los paneles solares, los cables y los soportes. Buscar grietas, roturas o conexiones sueltas. Si se encuentran problemas, realizar las reparaciones necesarias.

### **3. Podar árboles y arbustos:**

Mantener árboles y arbustos cerca de los paneles solares podados para evitar que proyecten sombras sobre ellos. Las sombras pueden reducir la producción de energía y, en algunos casos, dañar los paneles.

### **4. Verificación de cables y conexiones:**

Asegurarse de que los cables estén en buen estado y las conexiones estén firmes. Los cables dañados o conexiones sueltas pueden causar una pérdida de eficiencia y aumentar el riesgo de incendios.

### **5. Sistema de montaje y estructura:**

Verificar que la estructura de montaje y los soportes estén en buen estado. Esto incluye verificar la integridad de los rieles, anclajes y soportes.

### **6. Monitorización y registro de datos:**

Utilizar un sistema de monitorización para seguir de cerca la producción de energía del sistema. Registrar los datos para detectar problemas o cambios inusuales en el rendimiento.

El mantenimiento regular y el cuidado adecuado de un sistema fotovoltaico son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo a lo largo de su vida útil, que suele ser de varias décadas. Un sistema bien mantenido no solo genera más energía, sino que también reduce los costos de reparación y prolonga la vida útil de los componentes. (IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009)

## **M. Características del lugar (Escuintla, Guatemala)**

Escuintla se encuentra en la región sur de Guatemala, por lo que experimenta un clima tropical cálido. Se deben tomar en cuenta algunas características solares generales de la región:

1. Radiación solar: Escuintla, al estar ubicada en una región de clima tropical, generalmente recibe una cantidad significativa de radiación solar a lo largo del año. La radiación solar es la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre y es un factor clave para la generación de energía solar. La radiación solar en esta región puede variar según la época del año, con más radiación durante la temporada seca.
2. Duración del día: La duración del día en Escuintla tiende a ser bastante consistente a lo largo del año debido a su ubicación cercana al ecuador. Los días y las noches tienen una duración relativamente uniforme durante todo el año, lo que proporciona una cantidad razonablemente constante de luz solar para la generación de energía solar.
3. Inclinación y orientación: La inclinación y orientación de los paneles solares en Escuintla deberían optimizarse para aprovechar al máximo la radiación solar. Como se encuentra en el hemisferio norte, la orientación ideal de los paneles solares sería hacia el sur geográfico. La inclinación recomendada suele ser igual al ángulo de latitud de la ubicación, que en este caso es aproximadamente 14 grados sur.

Es importante tener en cuenta la estacionalidad en Escuintla, ya que la cantidad de radiación solar puede variar ligeramente durante las estaciones secas y lluviosas. Durante la temporada seca, la radiación solar es generalmente más intensa y constante, lo que puede ser más favorable para la generación de energía solar. (MEM, 2018)

Dado que las condiciones solares pueden variar en función de la ubicación exacta en Escuintla, es recomendable realizar un estudio solar específico en el lugar donde se planea instalar un sistema fotovoltaico. Esto ayudará a determinar las características solares precisas, la capacidad de generación de energía y el rendimiento de un sistema solar en esa ubicación específica. Además, se pueden utilizar herramientas y software de diseño solar para calcular con precisión la producción de energía esperada en función de la orientación, inclinación y sombreado del lugar de instalación. (MEM, 2018)

## VII. Metodología

Para llevar a cabo un proyecto se deben tomar en cuenta las necesidades de este.

### 1. Características decisivas del lugar:

- a. **Irradiancia en el lugar:** Esto varía por la ubicación geográfica del sitio, se deben tomar en cuenta las horas solares pico.

Este es el primer paso que se debe investigar antes de planear un proyecto solar. Para instalar módulos fotovoltaicos se sugiere que las horas solares picos no sean menores a 4.5 h/día, para que el proyecto sea rentable. En la actualidad existen herramientas para hacer una evaluación rápida de la irradiación del lugar, así se evitan problemas en el futuro.

- b. **Temperatura del ambiente:** La temperatura no es sinónimo de luz solar, por lo tanto, no significa que un lugar con un clima cálido va a producir más energía que uno con temperatura más baja.

Aunque la temperatura sí influye en el rendimiento de la potencia nominal del módulo fotovoltaico, ya que si la temperatura es muy alta el rendimiento se reducirá. Para conocer la temperatura adecuada se puede ver la ficha técnica del módulo fotovoltaico a utilizar.

Tabla 1. Rango de parámetros recomendados

	Irradiación promedio (HSP) (h/día)	Temperatura promedio <sup>1</sup> (°C)
Ideal	> 5.2	20°- 25°
Máximo	N/A	85°
Mínimo	4.5	-40°

- c. **Área disponible:** El espacio es una característica importante al instalar paneles solares, ya que si no se tiene suficiente área no se puede producir la cantidad de energía que se necesita. Para optimizar espacio los paneles solares se pueden colocar en cubiertas tanto inclinadas como planas, en fachadas o ya bien sobre el terreno. También se debe tomar en cuenta que el área disponible no tenga sombras que afecten el rendimiento de los paneles solares.

- d. **Energía producida:** al saber cuánta energía necesito para suplir las necesidades del proyecto: esto se puede hacer de dos formas: 1. Es si es un proyecto existente se puede revisar el consumo de energía o si es proyecto nuevo se puede hacer una estimación de gasto de energía sabiendo qué aparatos abran y por cuánto se usarán así mismo con las luminarias y todo aparato que requiera energía.

---

<sup>1</sup> Revisar ficha técnica del módulo fotovoltaico

## **2. Módulos fotovoltaicos**

Al saber la cantidad de energía requerida en el sitio, se deben elegir varias opciones de módulos fotovoltaicos y comparar entre ellos el precio, potencia nominal y dimensiones del módulo. Al conocer las dimensiones de los paneles solares se podrá saber si el área disponible en el sitio es la necesaria para suplir con la energía requerida. Y a partir de esta información decidir por el tipo de sistema a diseñar.

## **3. Tipo de sistema**

La selección del sistema dependerá del objetivo del proyecto, si se desea cubrir la totalidad de la energía requerida y el área disponible lo permite se puede optar por un sistema aislado, ahora si no se desea cubrir en su totalidad se puede optar por un sistema interconectado. También se puede definir según las necesidades del lugar, la disponibilidad de electricidad, el presupuesto, entre otros factores.D

## **4. Presupuesto**

Se debe realizar un pequeño estudio sobre la factibilidad de instalar módulos fotovoltaicos o invertir en otro tipo de energía renovable.

- a. Se debe tomar en cuenta cuanto se puede invertir en el proyecto.
- b. Se debe cotizar las opciones de paneles y tomar en cuenta cuál conviene más con respecto a la producción de energía y espacio.
- c. Se puede conocer en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial, con relación al costo de la energía actual y la proyección del precio en los próximos años.

## **5. Diseño de sistema**

Al tener aprobadas todas las características anteriores se puede proceder al diseño del sistema. Se debe planificar la distribución de los paneles en el área disponible, también calcular el ángulo de inclinación más favorable según el terreno lo permita, se debe tomar en cuenta las distancias de separación de filas y columnas para evitar sombras.

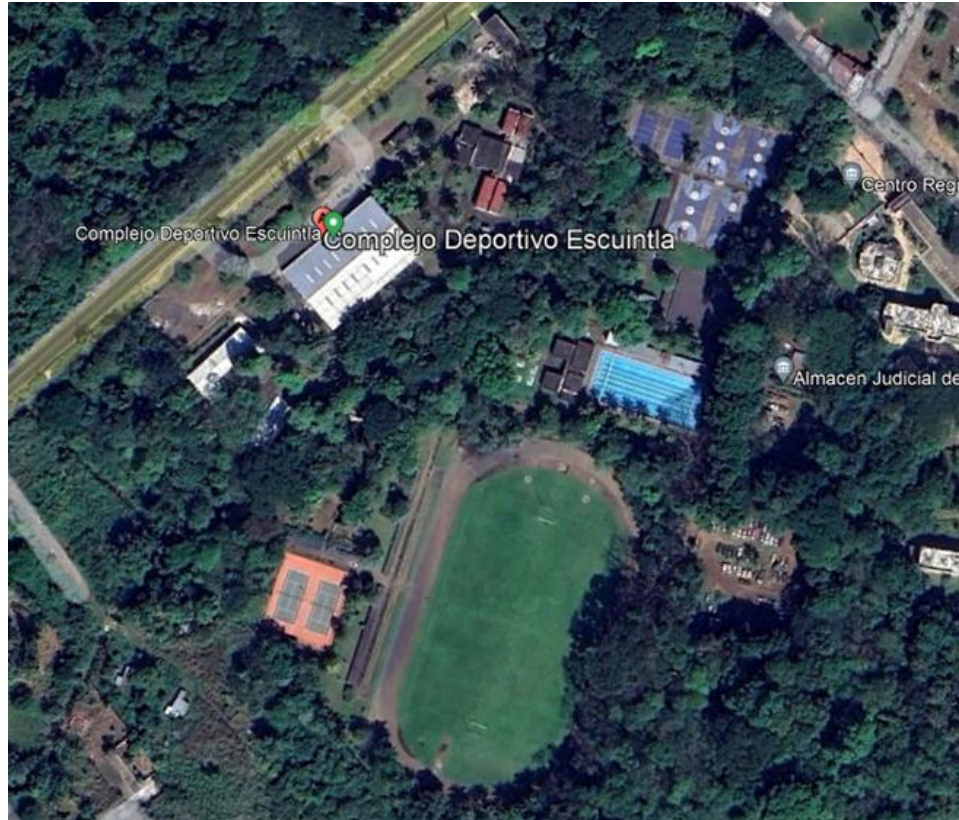
## VIII. Resultados

Aplicando la metodología generada se diseñó un sistema interconectado para suplir energía para la iluminación de canchas deportivas de tenis, baloncesto, voleibol y fútbol.

### A. Ubicación

Km. 54 Antigua carretera al Pacífico, Escuintla

Ilustración 11. Vista satelital complejo deportivo



(Google Earth, 2022)

### 1. Descripción del lugar

Instalaciones deportivas para practicar distintos deportes. Entre ellos el baloncesto, voleibol, tenis, voleibol playa, fútbol, natación y atletismo. Cuenta con una cancha de fútbol 11, dos canchas de tenis, cuatro canchas de baloncesto al aire libre y una techada de suela. También una piscina olímpica, dos canchas de voleibol y una de voleibol playa.

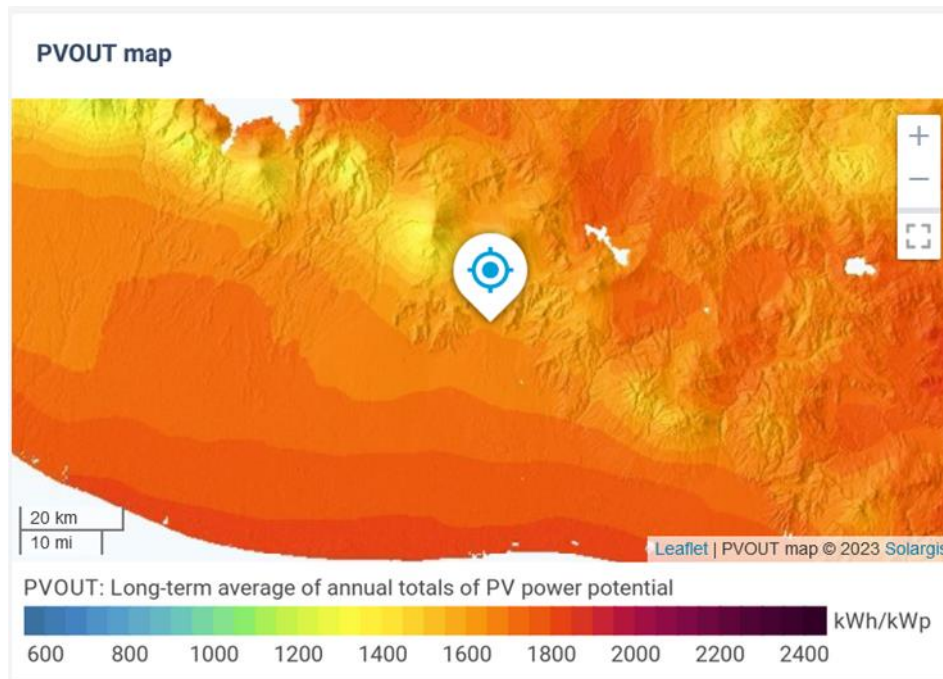
## 2. Irradiancia en el complejo deportivo (Hora solar pico - HSP) y Temperatura

Ilustración 12. Irradiación y temperatura en el complejo deportivo de Escuintla

Map data		Per day ▼	
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	<b>4.498</b>	kWh/kWp per day ▼
Direct normal irradiation	DNI	<b>4.817</b>	kWh/m <sup>2</sup> per day ▼
Global horizontal irradiation	GHI	<b>5.522</b>	kWh/m <sup>2</sup> per day ▼
Diffuse horizontal irradiation	DIF	<b>2.172</b>	kWh/m <sup>2</sup> per day ▼
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	<b>5.756</b>	kWh/m <sup>2</sup> per day ▼
Optimum tilt of PV modules	OPTA	<b>18 / 180</b>	°
Air temperature	TEMP	<b>25.6</b>	°C ▼
Terrain elevation	ELE	<b>402</b>	m ▼

(Global Solar Atlas, 2022)

Ilustración 13. Irradiación anual en el complejo deportivo de Escuintla



(Global Solar Atlas, 2022)

### 3. Opciones de áreas

Se realizó una preselección de las posibles áreas por medio de Google Earth Pro

Ilustración 14. Esquema de posibles áreas para colocar los MF



(Google Earth, 2022)



#### 4. Visita de campo para elección del sitio

##### Opción 1: Vestidores y cuarto de máquinas de piscina olímpica

Ilustración 15. Techo de vestidores piscina olímpica



Ilustración 16. Fachada Noreste de vestidores piscina olímpica



Ilustración 17. Fachada norte de vestidores piscina olímpica



**Opción 2: Cancha de baloncesto techada de suelo**

Ilustración 18. Fachada noreste de cancha de baloncesto techada



Ilustración 19. Estructura interna de cancha de baloncesto techada



### Opción 3: Albergue deportivo

Ilustración 20. Albergue deportivo



Ilustración 21. Fachada albergue deportivo



## 5. Método de selección de área

Tabla 2. Aspectos básicos para elegir un área adecuada

	Resistencia <sup>1</sup> Ver anexo 1 según NSE2	Sombras	Área suficiente
<b>Opción 1:</b>  Vestidores y cuarto de máquinas de piscina olímpica	El peso del panel y la estructura de soporte es de 14.5 kg/m <sup>2</sup> (37.4kg) Cada techo debe soportar 14.5 kg/m <sup>2</sup> de carga muerta. <sup>2</sup>	<b><i>Sí cumple</i></b>  Mediante la visita de campo se observó que no hay árboles, ni edificios que hagan sombras en el techo	<b><i>No cumple</i></b>  Para suplir el consumo se necesitan 237 MF lo cual demanda un área de 611.15 m <sup>2</sup> , contando en las bodegas con solo 302.9 m <sup>2</sup>
<b>Opción 2:</b>  Techo sobre la cancha de suela para baloncesto		<b><i>Sí cumple</i></b>  Mediante la visita de campo se observó que no hay árboles, ni edificios que hagan sombras en el techo, exceptuando en la esquina suroeste del techo la cual se puede prevenir al podar el árbol. Estando este árbol a una distancia de 2.5 m.	<b><i>Sí cumple</i></b>  Para suplir el consumo se necesitan 237 MF lo cual demanda un área de 611.15 m <sup>2</sup> , contando en con 744 m <sup>2</sup> en el techo de la cancha de baloncesto
<b>Opción 3:</b>  Albergue deportivo		<b><i>No cumple</i></b>  Se evidencia con la visita de campo que el albergue deportivo se encuentra en un área vegetada esto generando sombra en el a lo largo del día.	<b><i>No cumple</i></b>  Para suplir el consumo se necesitan 237 MF lo cual demanda un área de 611.15 m <sup>2</sup> , contando en el albergue solamente con 336.93 m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ver Anexo J para peso de estructura y ver Anexo E peso de panel solar

<sup>2</sup> realizar un análisis estructural, modelar la estructura y simular el efecto de las cargas adicionales para evaluar la seguridad y la integridad estructural.

**6. Área seleccionada: Techo cancha de baloncesto de suela**

Ilustración 22. Techo cancha de baloncesto

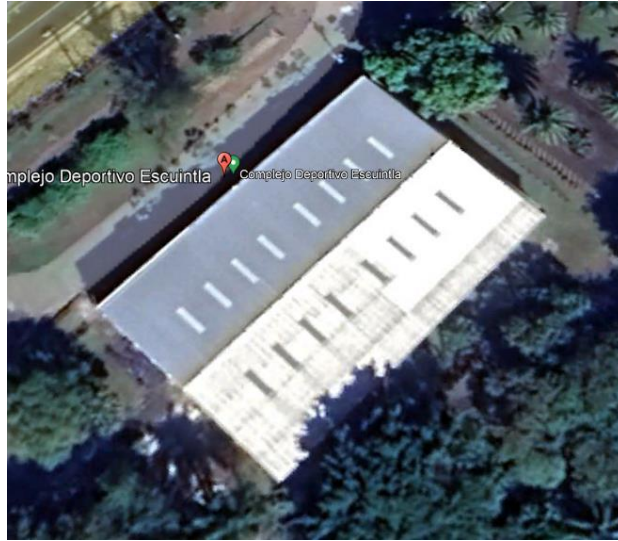


Ilustración 23. Estructura interna de cancha de baloncesto techada





## 7. Diseño de iluminación de canchas

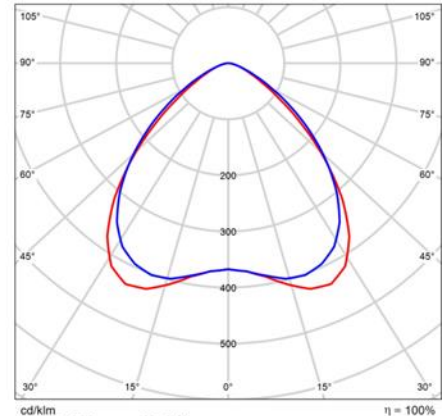
### a. Selección de luminaria

Para la selección de luminaria, se analizaron 5 tipos de luminaria diseñadas para áreas deportivas. Se comparó luxes vs consumo, y el índice de reproducción cromática, seleccionando la mejor opción. La luminaria seleccionada fue de la marca Phillips modelo 59082 - 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO. Cada cancha fue modelada en el Software DiaLux para asegurarse de cumplir con los niveles de iluminación requeridos en la normativa europea UNE 12.193- Iluminación de instalaciones deportivas. La cancha de tenis se diseñó para cumplir con un alumbrado clase 1 que debe cumplir con una uniformidad lumínica de 0.7, un CRI > 60, y una valoración de brillo (UGR) <50. La cancha de fútbol, de baloncesto y de voleibol se diseñaron para un alumbrado clase 2 que debe cumplir con una uniformidad lumínica de 0.6, un CRI > 60 y una valoración de brillo (UGR) <50. La luminaria que cumplió con los requerimientos es la 200 CR ARMPIO, esta se utilizó para diseñar las 4 diferentes canchas. En la Tabla 4 se puede ver cuantas luminarias se deben colocar para obtener el diseño solicitado.

Ilustración 24. Hoja técnica de luminaria seleccionada

3F Filippi S.p.A. - 3F LEM 4 SPORT LED 200 DALI CR AMPIO

	
Article No.	59095
P	218.0 W
$\Phi_{Lamp}$	33475 lm
$\Phi_{Luminaire}$	33475 lm
$\eta$	100.00 %
Luminous efficacy	153.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



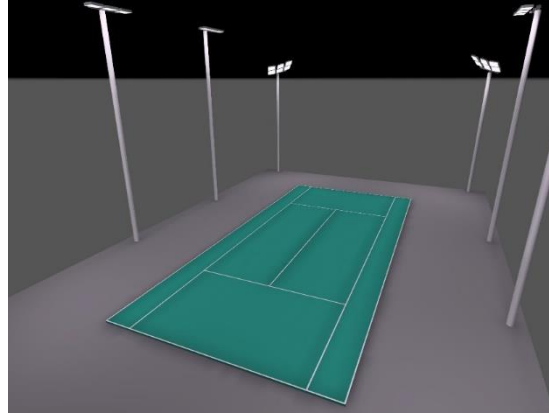
Polar LDC

Tabla 3. Tipo y cantidad de luminarias por cancha

Cancha	Número de luminarias	Luminaria
Fútbol	126	Phillips modelo 59082 - 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO
Baloncesto	48	
Voleibol	24	
Tenis	36	

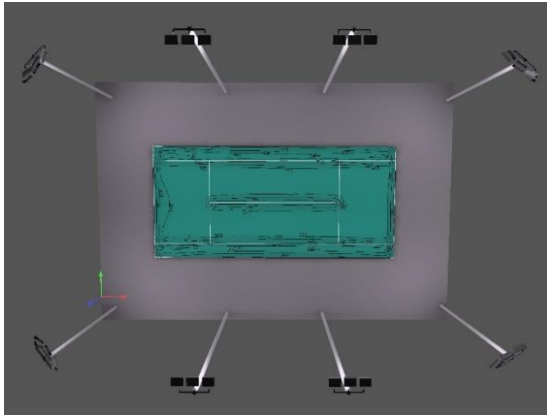
## B. Resultados de Modelo 3D cancha de tenis

Ilustración 25. Vista isométrica cancha de tenis modelo 3D



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 26.(a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias tenis



(DiaLux evo 10.1, 2022)

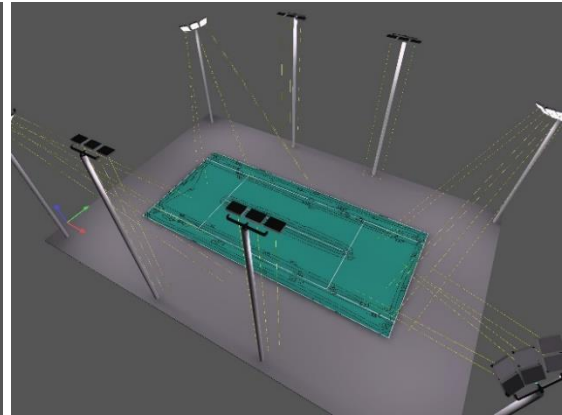
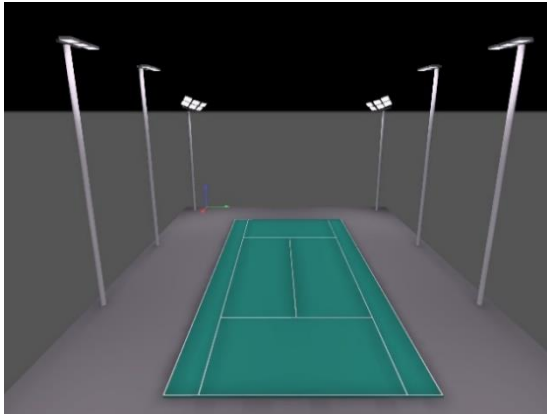


Ilustración 27.(a) Vista frontal (b) Vista superior cancha de tenis



(DiaLux evo 10.1, 2022)

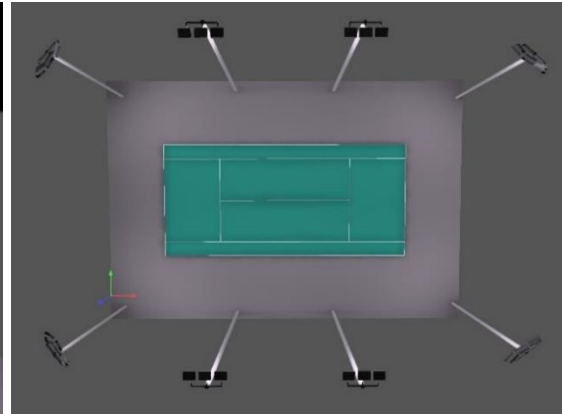
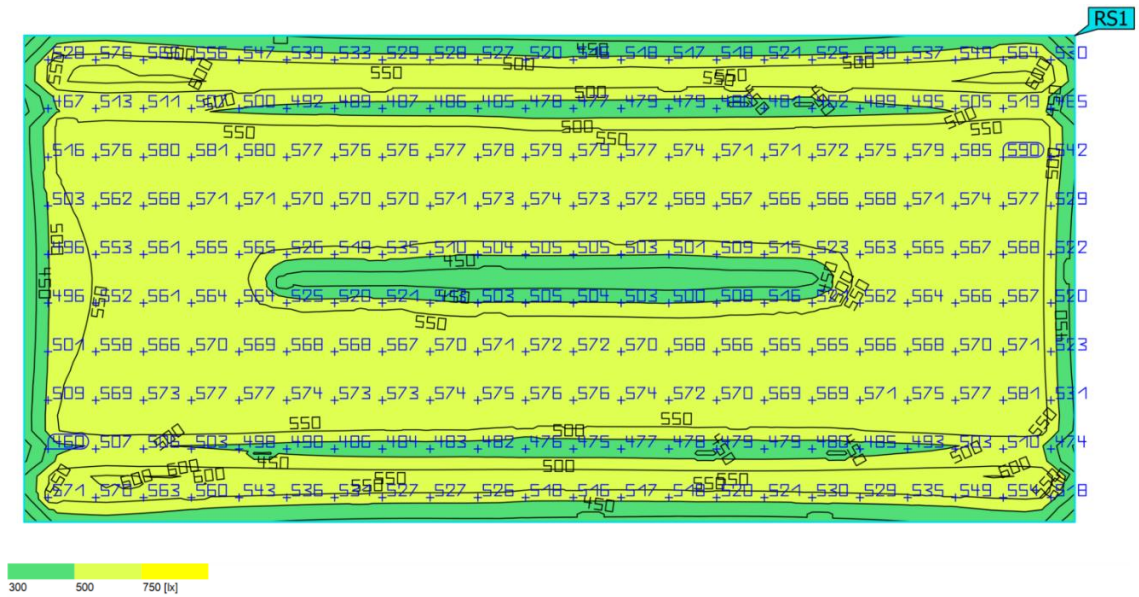
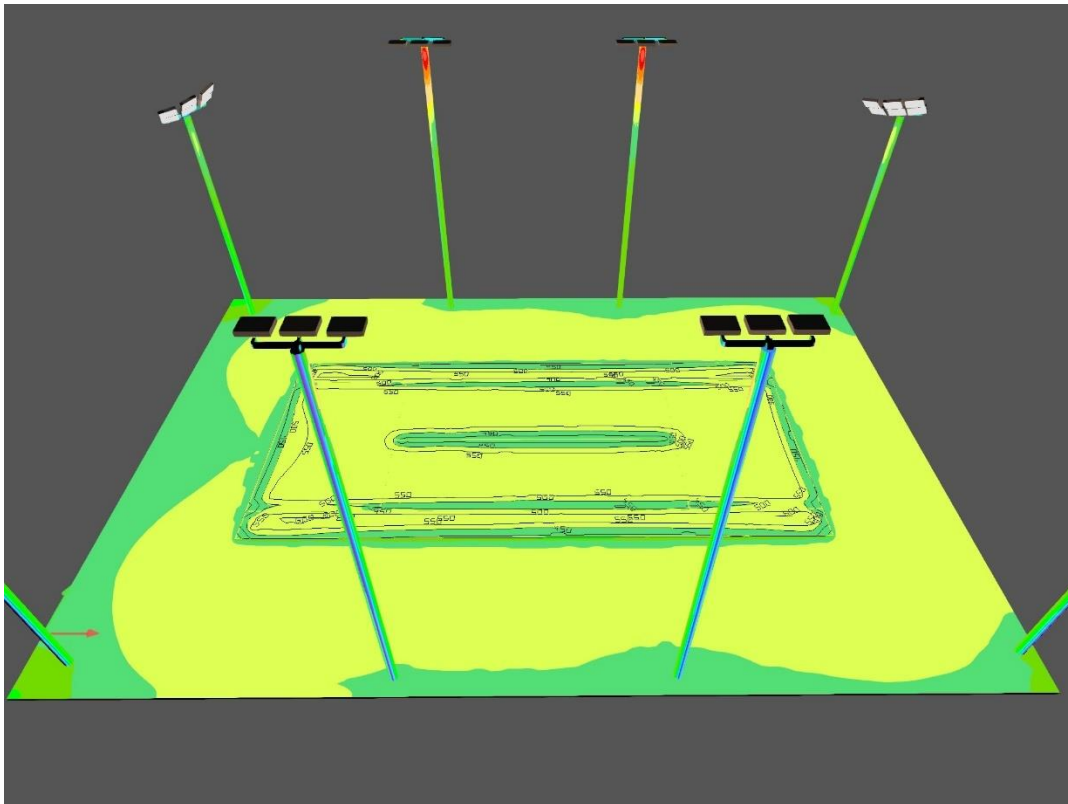


Ilustración 28. Resultados sobre la superficie cancha de tenis



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 29. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha de tenis



(DiaLux evo 10.1, 2022)



### C. Resultados de Modelo 3D cancha de fútbol

Ilustración 30. Vista isométrica cancha de fútbol modelo 3D



(DiaLux evo 10.1, 2022)

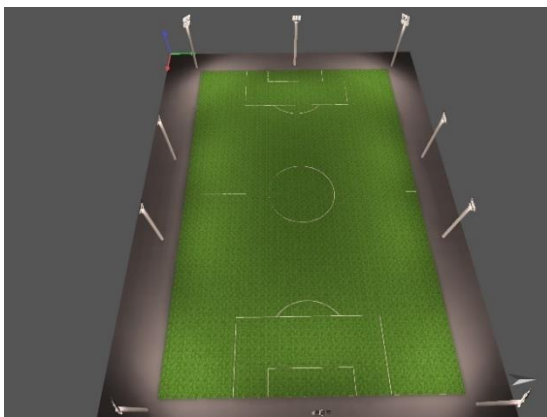
Ilustración 31. (a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha fútbol



(DiaLux evo 10.1, 2022)



Ilustración 32. (a) Vista frontal (b) Vista superior cancha fútbol



(DiaLux evo 10.1, 2022)

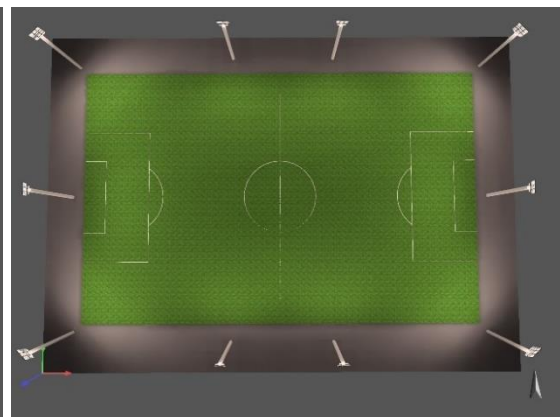
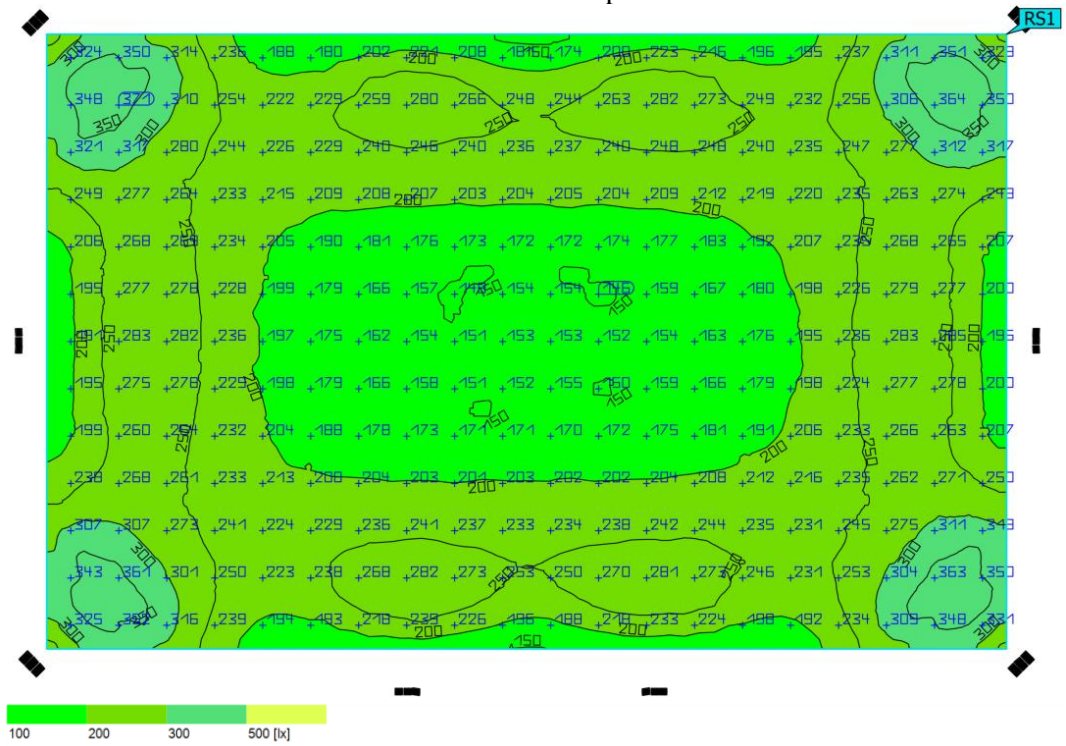
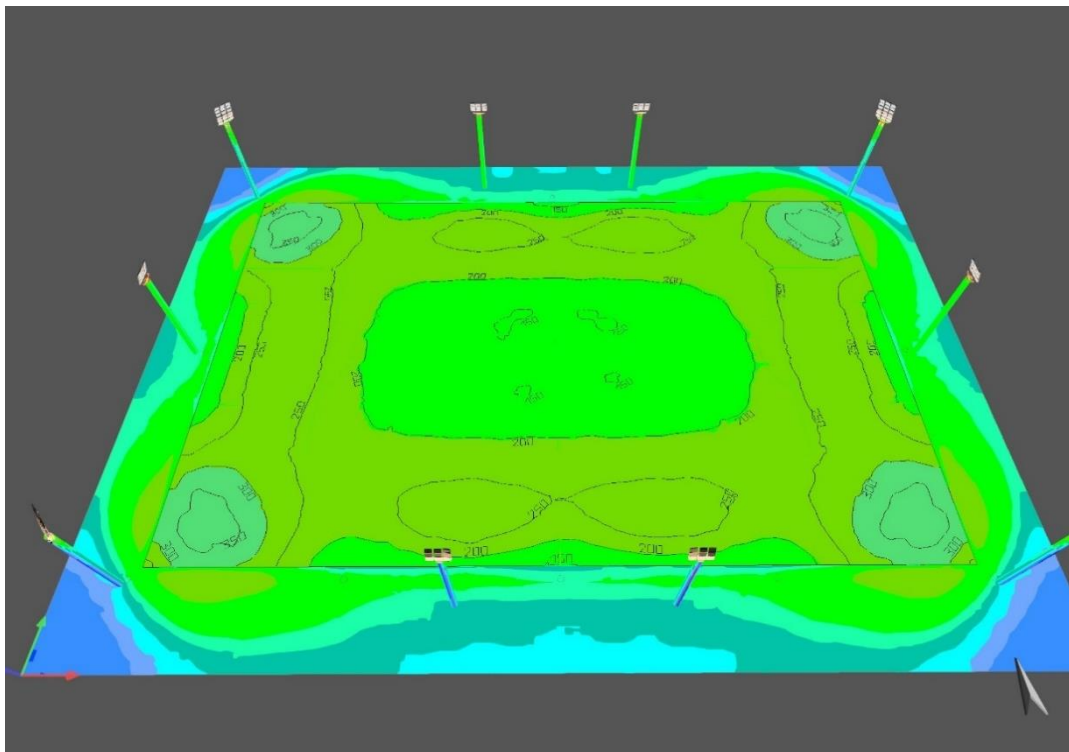


Ilustración 33. Resultados sobre la superficie cancha de fútbol



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 34. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha fútbol



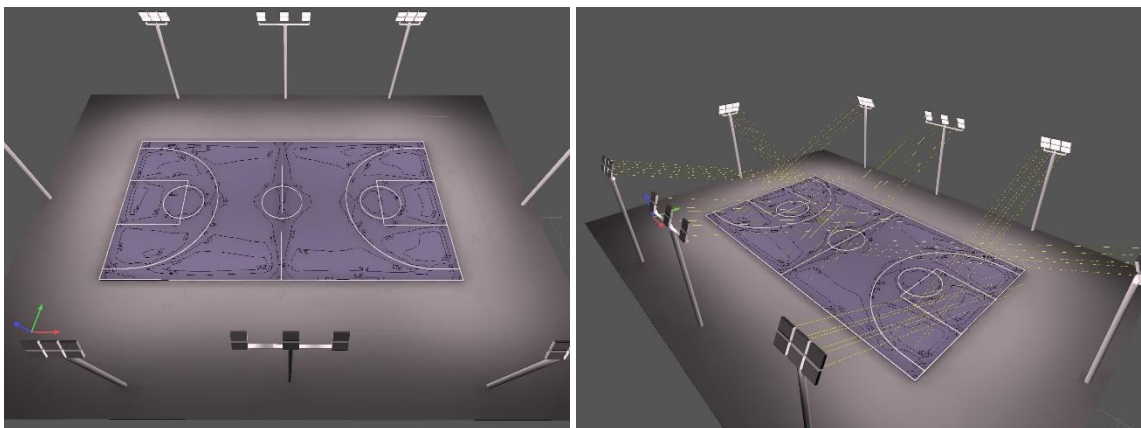
(DiaLux evo 10.1, 2022)

## D. Resultados de Modelo 3D cancha de baloncesto

Ilustración 35. Vista isométrica cancha de baloncesto modelo 3D

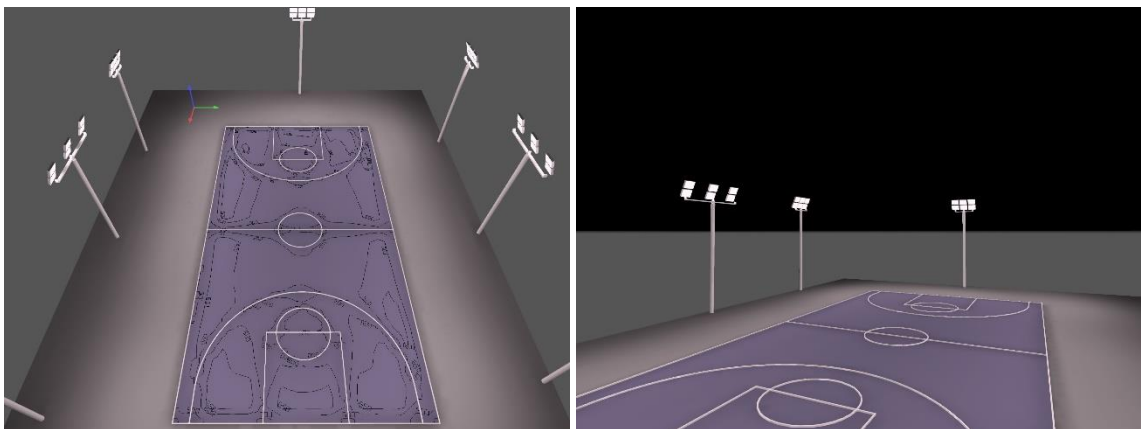


Ilustración 36. (a) Vista en planta con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha baloncesto



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 37. (a) Vista frontal (b) Vista en campo cancha baloncesto



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 38. Resultados sobre la superficie cancha Baloncesto

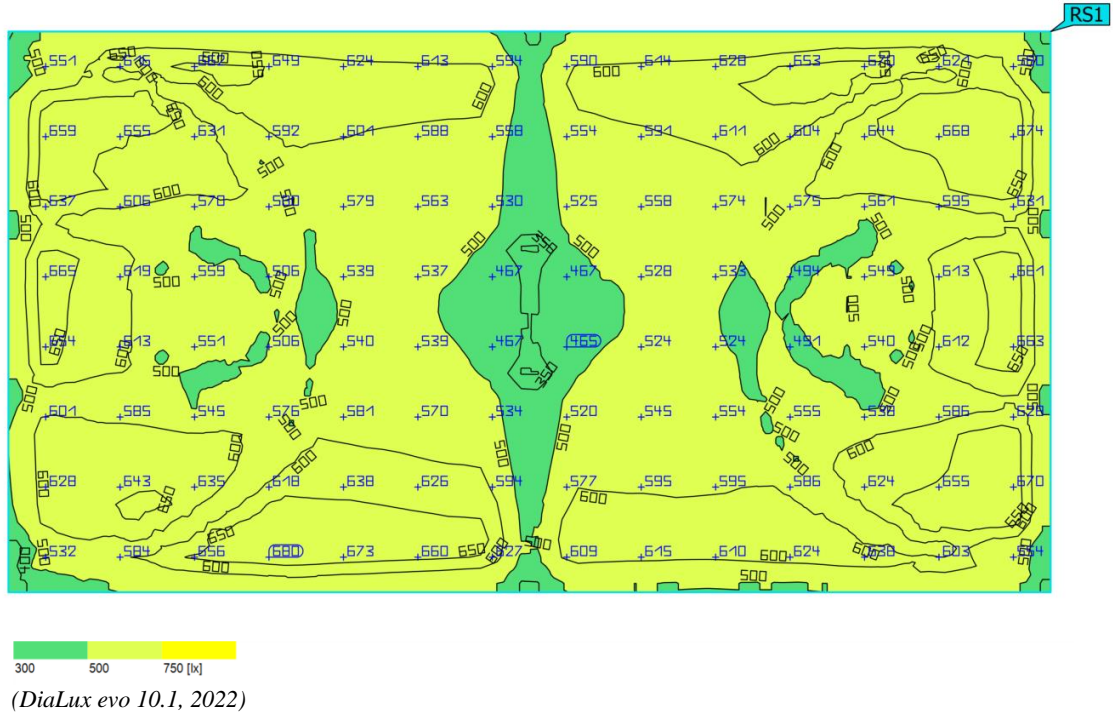
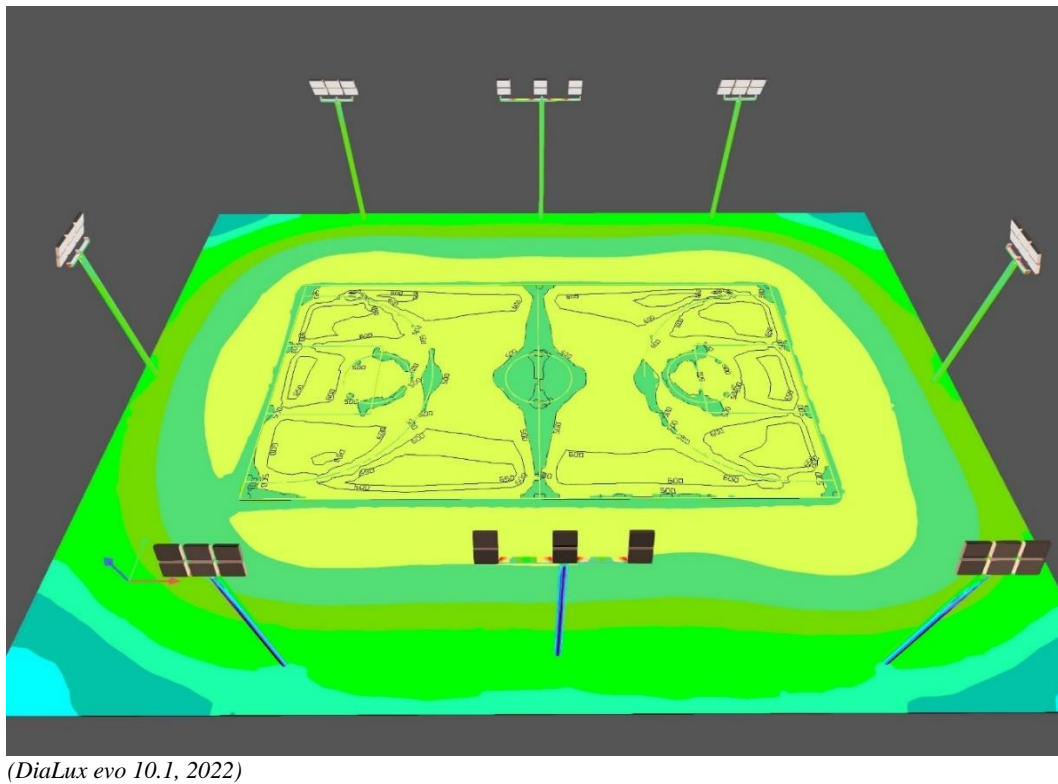
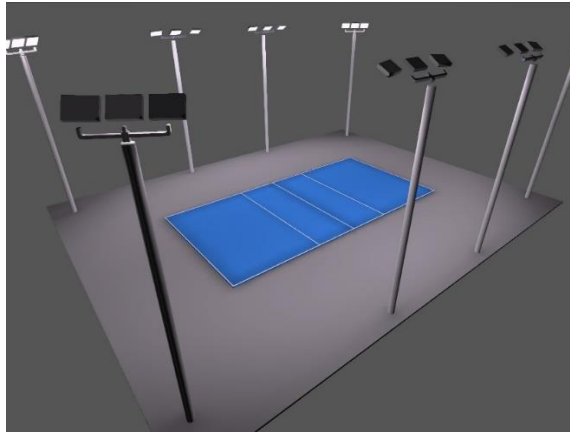


Ilustración 39. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha baloncesto



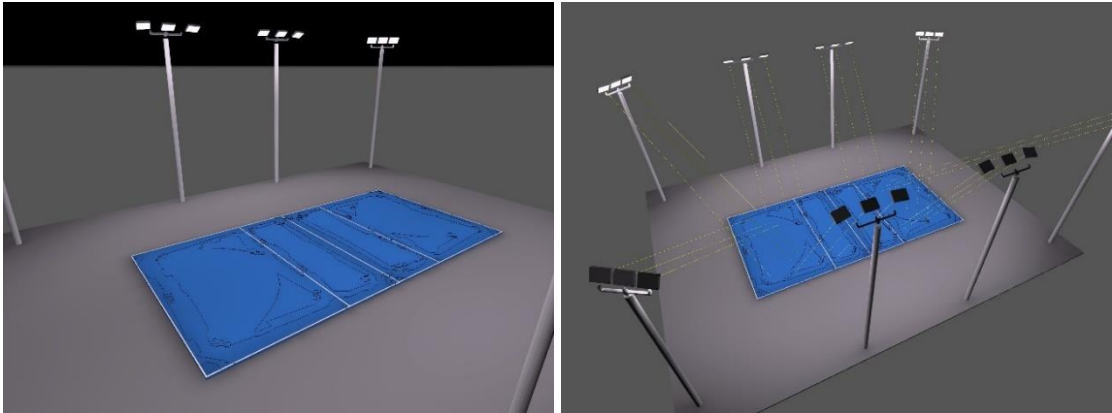
## E. Resultados de Modelo 3D cancha de voleibol

Ilustración 40. Vista isométrica cancha de voleibol modelo 3D



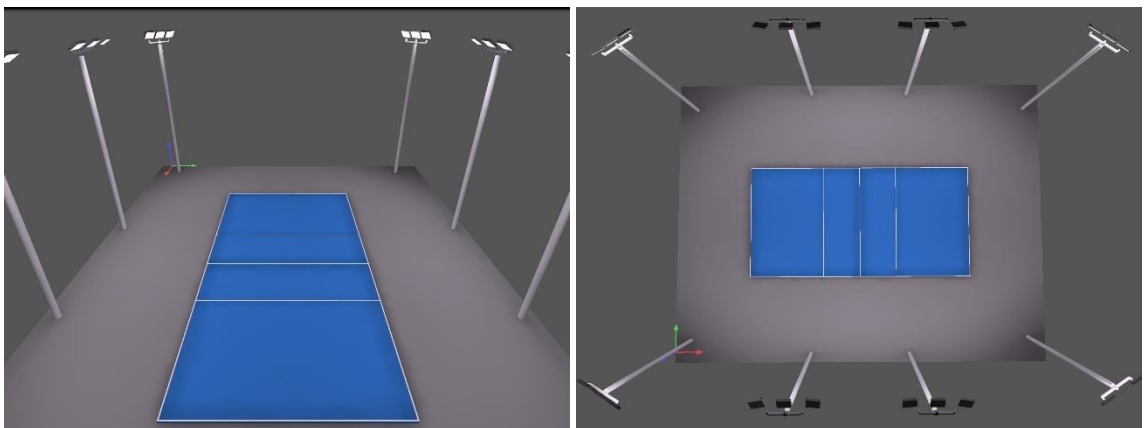
(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 41.(a) Vista isométrica con resultados gráficos (b) Trayecto de luminarias cancha voleibol



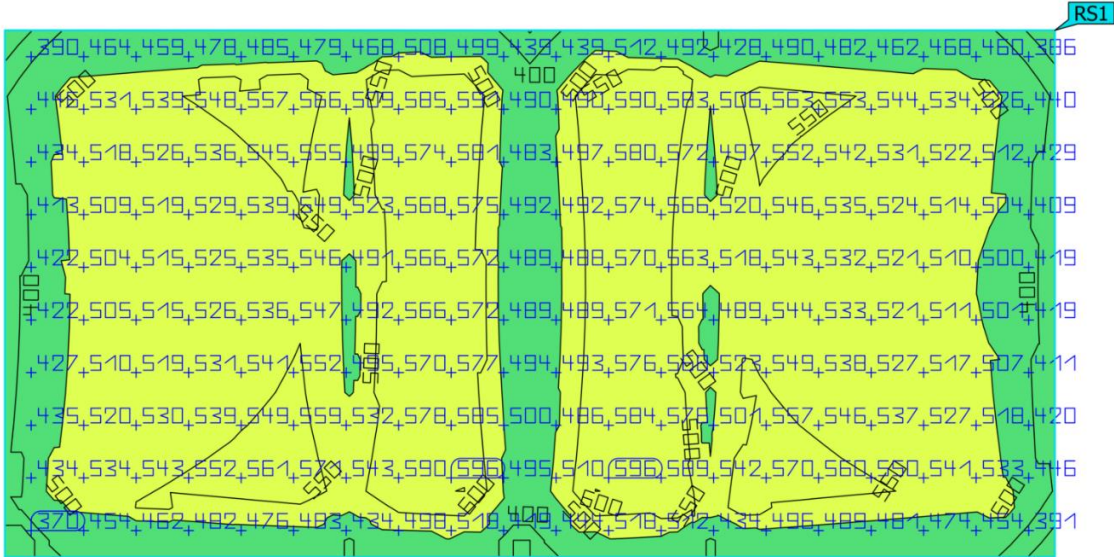
(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 42. (a) Vista frontal (b) Vista superior cancha voleibol



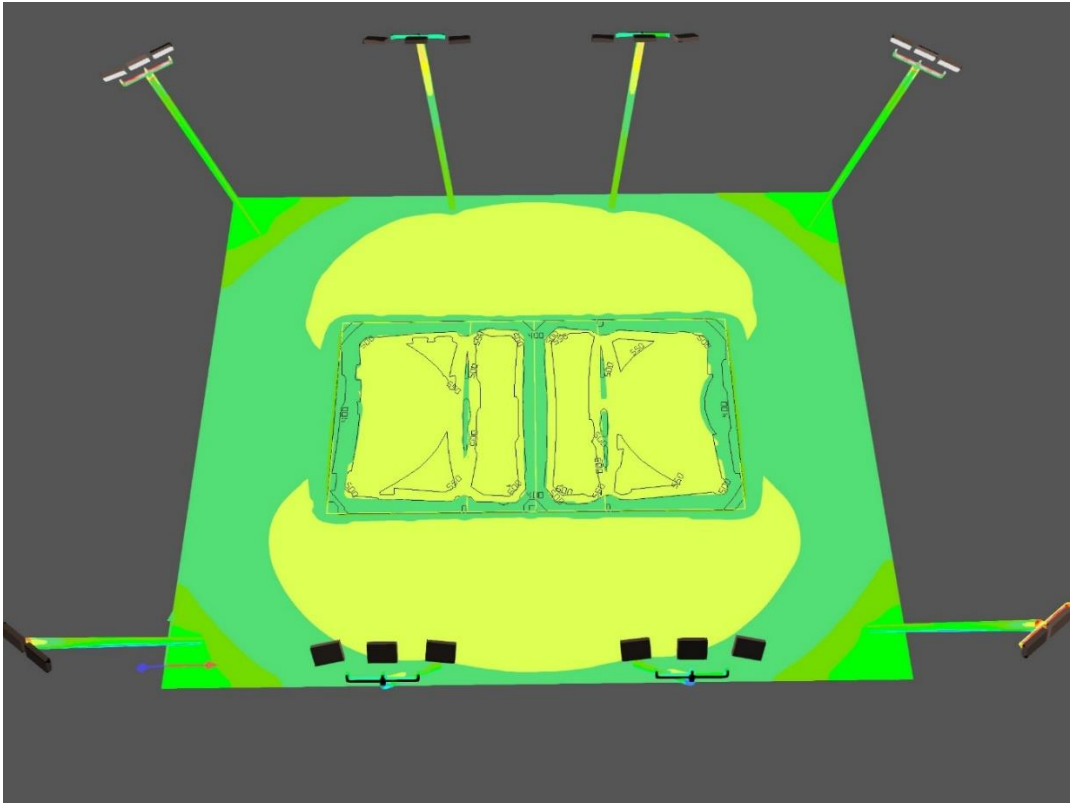
(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 43. Resultados sobre la superficie voleibol



(DiaLux evo 10.1, 2022)

Ilustración 44. Resultados gráficos sobre modelo 3D cancha de voleibol



(DiaLux evo 10.1, 2022)

## F. Estimación de consumo energético

Tabla 4. Estimación de consumo energético

<b>Estimación de consumo energético complejo deportivo (LUMINARIAS)</b>							
<i>Cancha</i>	<i>Cantidad de luminarias</i>	<i>Cantidad de canchas</i>	<i>Potencia por luminaria (kW)</i>	<i>Tiempo de uso promedio (hrs/d)</i>	<i>Tiempo de uso promedio (hrs/mes)</i>	<i>Energía consumida (kWh/mes)</i>	<i>Energía consumida (kWh/día)</i>
Tenis	36	2	0.218	5	150	2354.400	78.480
Baloncesto	48	4	0.218	5	150	6278.400	209.280
Voleibol	24	2	0.218	5	150	1569.600	52.320
Fútbol	126	1	0.218	5	150	4120.200	137.340
					<b>Total</b>	14322.600	477.420

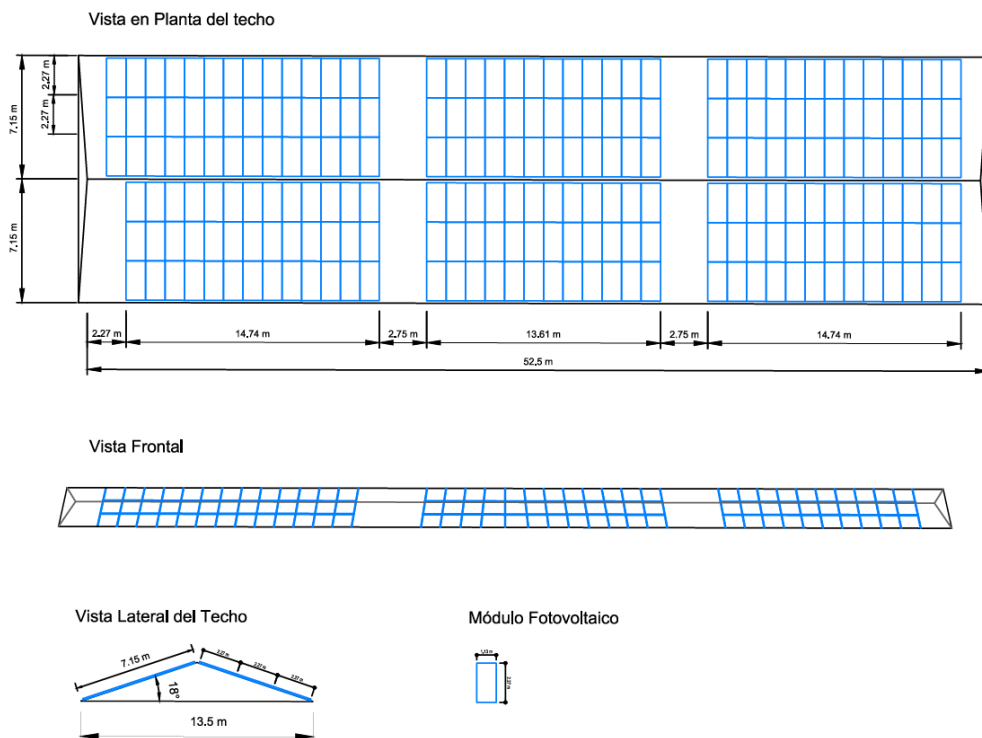
## G. Módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico seleccionado es el modelo Tiger Pro 72HC-BDVP con una capacidad de 525-545 Watt como podemos ver en la hoja técnica en el Anexo E. Sus medidas son 1134 mm de ancho por 2274 mm de largo, cuenta con 30 años de garantía de potencia lineal. Tomando en cuenta el consumo energético se necesitan 209 módulos fotovoltaicos para suplir la demanda energética por las luminarias. (ver Anexo A)

## H. Distribución de MF en el techo (inclinación, separación entre filas y columnas)

La distribución de los módulos fotovoltaicos en el techo será como se puede observar en la ilustración 44 y en el anexo F Se colocarán 237 módulos fotovoltaicos. Se ubicaron en tres secciones diferentes dejando un espacio de 3.89 metros entre sección para poder realizar el mantenimiento y limpieza rutinaria.

Ilustración 45. Vista en planta de la distribución de paneles solares sobre el techo



(Autocad,2023)

## I. Análisis económico

El tiempo de vida del sistema es de 30 años, por lo cual se realizó un análisis para este periodo de tiempo. Tomando en cuenta cotizaciones de cada componente del sistema (Anexo B) se obtuvo el presupuesto para instalar el sistema fotovoltaico requiriendo una inversión total de Q 606,960.82. Se tomo en cuenta el precio de la energía en el departamento de Escuintla y la cuota mensual básica, esto para obtener la proyección de gasto de energía en los 30 años. Dando como resultado un cargo de energía de Q8,199,695.52 por los 30 años. Al conocer estos datos se pudo calcular que la inversión del sistema fotovoltaico se recuperará en 2.2 años. (Ver Anexo B)



## **IX. Conclusiones**

Este trabajo ejemplifica el potencial de la energía solar para impulsar la innovación y el progreso en la infraestructura deportiva y energética, y sienta las bases para un futuro más sostenible en este entorno. Con base en los objetivos planteados para el presente trabajo de graduación se concluye lo siguiente:

- 1) El diseño del sistema fotovoltaico compuesto por 237 módulos fotovoltaicos ha resultado en una solución altamente eficiente y sostenible para satisfacer las necesidades energéticas de las canchas deportivas. Representando un logro al cumplir con el objetivo de suministrar el 100% de la energía eléctrica requerida para la iluminación de las canchas.
- 2) Al analizar la iluminación actual del Complejo Deportivo de Escuintla se puede concluir que su luminosidad es inadecuada o nula, por lo tanto, se diseñó la iluminación de cuatro canchas deportivas (fútbol, tenis, voleibol y baloncesto) siguiendo las pautas y estándares establecidos por la normativa europea UNE12.193, asegurando un entorno deportivo de alta calidad, cumpliendo con los requisitos de seguridad y eficiencia lumínica. La luminaria seleccionada fue philips modelo 59082- 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO, que producen un consumo de 477.42 kW diarios. La adecuada planificación lumínica garantiza que estas instalaciones sean seguras para la práctica deportiva, y al mismo tiempo proporciona una experiencia visual óptima para los atletas.
- 3) Con base en el análisis financiero realizado, es evidente que la inversión inicial en el sistema fotovoltaico es altamente rentable y se recupera de manera excepcionalmente rápida. Con un tiempo estimado de recuperación de 2.2 años con relación al gasto de actual de energía eléctrica, demostrando ser una inversión sólida y ventajosa.

## **X. Recomendaciones**

- 1) Se recomienda una extensión en los horarios de funcionamiento del Complejo Deportivo de Escuintla, considerando el gran potencial, beneficio y aprovechamiento que esto conllevaría tanto para los deportistas como para la eficiencia en el uso de las instalaciones.
- 2) Se recomienda utilizar el presente trabajo de graduación como guía de apoyo para la planificación de proyectos con características similares.
- 3) Se recomienda a las autoridades gubernamentales pertinentes que incorporen un enfoque estratégico y sostenible en la planificación, implementación y monitoreo de proyectos para la mejora de infraestructura existentes y las que están por construirse.
- 4) Invertir en programas de capacitación y promoción de la investigación en tecnologías sostenibles y energías renovables. Esto preparará a la fuerza laboral y fomentará la innovación en el sector de la infraestructura y las energías renovables.
- 5) Se recomienda compartir experiencias y difundir mejores prácticas con otras jurisdicciones y organismos internacionales para fomentar la colaboración y el aprendizaje continuo. Identificando las prácticas aplicables al contexto y situación del país.
- 6) Se recomienda considerar cuidadosamente el análisis y el diseño lumínico en todos los entornos, ya sean comerciales, residenciales, públicos o industriales. Debido a que la planificación cuidadosa de la iluminación no solo garantiza una experiencia óptima, sino que también permite la optimización del uso de energía. Las tecnologías de iluminación eficiente pueden reducir el consumo energético y los costos asociados.

## XI. Bibliografía

- Abella, M. A. (2005). *Sistemas fotovoltaicos* . SAPT Publicaciones Técnicas, SL.
- AGER. (2023). *Asociación de Generadores con Energía renovable*. Obtenido de <https://ager.org.gt/energias-renovables/>
- Brooks, A., & Saddler, L. (7 de noviembre de 2022). *Forbes* . Obtenido de Forbes Home: <https://www.forbes.com/home-improvement/solar/best-angle-for-solar-panels/>
- Carson, J. A. (2008). *Solar cell research progress*. Nova Publishers.
- CNE. (2023). *Consejo Nacional de Energía* . Obtenido de Estadísticas del consejo Nacional de Energía de El Salvador : <https://estadisticas.cne.gob.sv/>
- CNEE. (2022). *Comisión Nacional de Energía Eléctrica* . Obtenido de Matriz de generación de Energía Eléctrica : <https://www.cnee.gob.gt/wordpress/>
- DiaLux evo 10.1. (2022). *DiaLux evo 10.1 [Software]*. Obtenido de DIAL GmbH Lüdenscheid: <https://www.dialux.com/en-GB/download>
- DOCSE . (2023). *Instituto Costarricense de Electricidad*. Obtenido de División operación y Control del Sistema Eléctrico: <https://apps.grupoice.com/CenceWeb/>
- Durrant, C. (5 de Junio de 2012). *The Harvard Gazette*. Obtenido de Harvard University : <https://news.harvard.edu/gazette/story/2012/06/harvard-athletics-sports-solar-panels/>
- Empresa de pesquisa Energética. (2023). *Balanco Energético Nacional* . Obtenido de Matriz Energética Nacional 2023: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>
- Escobar P., J. (2021). *Introducción a las Energías Renovables*. Ciudad de Guatemala.
- ESMAP. (2020). *Global Photovoltaic Power Potential by Country*. Washington, DC: World Bank.

- Espejo Marín, C. (2004). *La Energía solar Fotovoltaica en España*. Murcia.
- Global Solar Atlas. (2022). *Global Solar Atlas*. Obtenido de ENERGYDATA.INFO:  
<https://globalsolaratlas.info/map>
- IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Térmica*. Madrid: IDAE.
- IRENA. (2023). *Renewable capacity statistics 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency .
- Lamigueiro, O. (2013). *Energía solar fotovoltaica* . España: creative commons ebook.
- Luthi, D., colaboradores, & Etheridge, D. (2008, 2010). Núcleo de hielo de Vostok y Registro de CO2 Mauna Loa, NOAA.
- Martínez Torres, L., & Orts Grau, S. (2018). *ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LAS INSTALACIONES DE TALLER Y OFICINAS DE LA EMPRESA TRANSVÍA S.L. EN QUART DE POBLET*. Valencia: España: Universidad Politécnica de Valencia.
- MEM. (2018). *Ministerio de Energía Y Minas*. Obtenido de Energía Solar en Guatemala:  
<https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>
- Méndez, J., Cuervo, R., & ECA. (2007). *Energía solar Fotovoltaica 2da Edición*. Madrid: FC Editorial .
- NASA. (12 de noviembre de 2019). *Global climate change- Vital Signs of the Planet*. Obtenido de Cambio climático: ¿Cómo sabemos lo que hacemos?:  
<https://climate.nasa.gov/evidencia>
- Nunez, C. (6 de junio de 2022). *La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber* . Obtenido de  
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>

- ONU. (2019). *Naciones Unidas* . Obtenido de Objetivos de Desarrollo sostenible:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Perpiñan L., O. (2013). *Energía solar Fotovoltaica* . creative commons.
- Q., O. (5 de junio de 2016). *La contaminación asfixia los ríos del país* . Obtenido de Prensa Libre  
: [https://www.prensalibre.com/ciudades/peten/rios-agonizan/?utm\\_source=modulosPL&utm\\_medium=linkinterno&utm\\_campaign=ux](https://www.prensalibre.com/ciudades/peten/rios-agonizan/?utm_source=modulosPL&utm_medium=linkinterno&utm_campaign=ux)
- Rasero M., C. (2011). *Energía solar Fotovoltaica. Energía solar Fotovoltaica, situación 4.*  
(NOTA: Presentación verde).
- Tara Energy. (2022). *Tara Energy*. Obtenido de Tara Energy: <https://taraenergy.com/blog/what-is-energy-a-guide-to-understanding-energy/>
- TSK. (2017). *Campo solar PROVIDENCIA SOLAR 101MW*. Obtenido de  
<https://www.grupotsk.com/proyecto/campo-solar-providencia-solar-101-mw/>
- WORLD BANK GROUP. (2023). *energydata.info*. Obtenido de energydata.info:  
<https://energydata.info/>
- Zaidi, B. (2018). Solar panels and photovoltaic effect. En B. Zaidi, *Introductory chapter: Introduction to photovoltaic effect. Solar panels and photovoltaic Materials* (págs. 1-8).  
BoD-Books on Demand.

## XII. Anexos

### Anexo A. Cálculos de cantidad de módulos fotovoltaicos para suplir el consumo de energía

Cálculo de cantidad de paneles solares

Área disponible		
L =	50	m
b =	6	m
A =	300	m <sup>2</sup>
AT =	600	

Módulo fotovoltaico		
$P_{PM}$ =	530	W
$l_p$ =	2.274	m
$b_p$ =	1.134	m

PPM		
$T_{Célula} = T_{ambiente} + (T_{NOCT} - 20) \left( \frac{G}{800} \right)$		
Tambiente =	34	°C
$T_{NOCT}$ =	45	
G =	1000	
Tcélula =	65.25	
PPM STC =	545	Wp
g =	-0.35	%/°C
PPM Tcélula =	468.223	Wp

Cantidades

Cantidad de paneles		
FS =	1.25	
HSP =	5.400	hr/día
E =	477.420	kW · hr/día

(WORLD BANK GROUP, 2023)

Módulo

$$\#módulos = \frac{E \cdot FS}{P_{PM} \cdot HSP}$$

$$\#módulos = 236.028$$

$$\#módulos = 237$$

Distancia de sombra		
$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$		
$d = k \cdot h$		
Latitud =	14.610	°
k =	1.109	
h =	2.251	m
d =	2.496	m

## Anexo B. Análisis económico

<b>Presupuesto de paneles solares</b>		
	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Instalación	1,223.56 €	1,223.56 €
Mantenimiento mensual		
Panel solar	145.20 €	34,412.40 €
<i>Sistema</i>		
• 2 Estructura para colocar paneles (6 paneles c/u)	139.15 €	2,755.17 €
• Inversor híbrido Ingeteam Ingecon Sun storage 6TLM	2,299.00 €	2,299.00 €
• Vatímetro EM112DIN Carlo Gavazzi	182.30 €	3,609.54 €
<b>• Batería Litio Pylontech Force H1 7.1 kWh</b>		
• 1 x BMS Pylontech FC0500-40S Force H1	665.50 €	665.50 €
• 2 x Módulo batería Litio Pylontech Force H1 3.55	1,143.45 €	22,640.31 €
• Kit Unión Universal Falcat 45 mm	5.13 €	101.57 €
• Rollo cable unifilar 6mm <sup>2</sup> H1Z2Z2-K 60 m negro	85.35 €	1,689.93 €
• Rollo cable unifilar 6mm <sup>2</sup> H1Z2Z2-K 60 m rojo	85.45 €	1,691.91 €
• Conectores MC4 Paneles solares	3.39 €	67.12 €
	<b>4,608.72 €</b>	<b>71,156.02 €</b>
<b>Total presupuesto de paneles solares</b>		
	<b>Q 39,312.38</b>	<b>Q 606,960.82</b>

Datos		
Vida útil paneles solares	30	años
Cantidad de paneles	237	unidades
1 Quetzal =	8.53	Euros
E =	486.14	kW · hr/día

Precio de energía en Escuintla			
Cargo por energía	Unidad	Con IVA	Subtotal por 30 años
Cargo fijo del Q/cliente	Q./Suminis-Mes	Q 25.58	Q 9,208.80
Cargo por energía	Q/kWh	Q 1.56	Q 8,190,486.72

**TOTAL** Q 8,199,695.52 por 30 años

Tiempo de recuperación	
Gasto energético anual	Q 273,323.18

2.2 Años para recuperar

# Anexo C. Resultados de cancha en DIALux por cancha

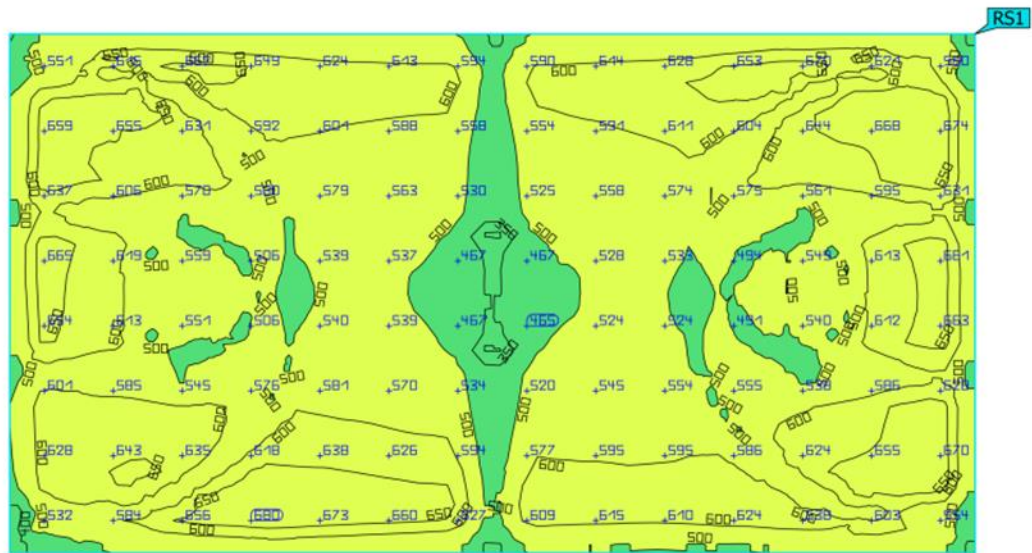
## 1. Cancha de baloncesto

Cancha Baloncesto



Site 1 (Light scene 1)

### Surface result object 1 (Furniture)



Properties	$\bar{E}$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Surface result object 1 (Furniture) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.100 m	573 lx	345 lx	688 lx	0.60	0.50	RS1

Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)



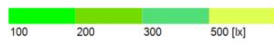
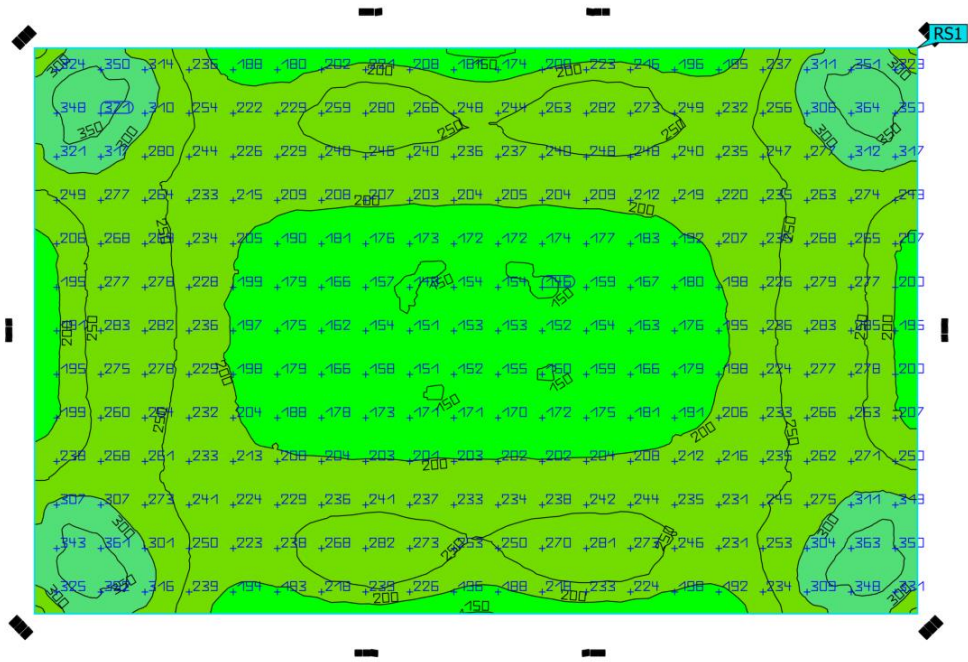
## 2. Cancha de fútbol

Cancha de Futbol

DIALux

Site 1 (Light scene 1)

### Surface result object 1 (Furniture)



Properties	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Surface result object 1 (Furniture) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.100 m	232 lx	140 lx	383 lx	0.60	0.37	RS1

Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)

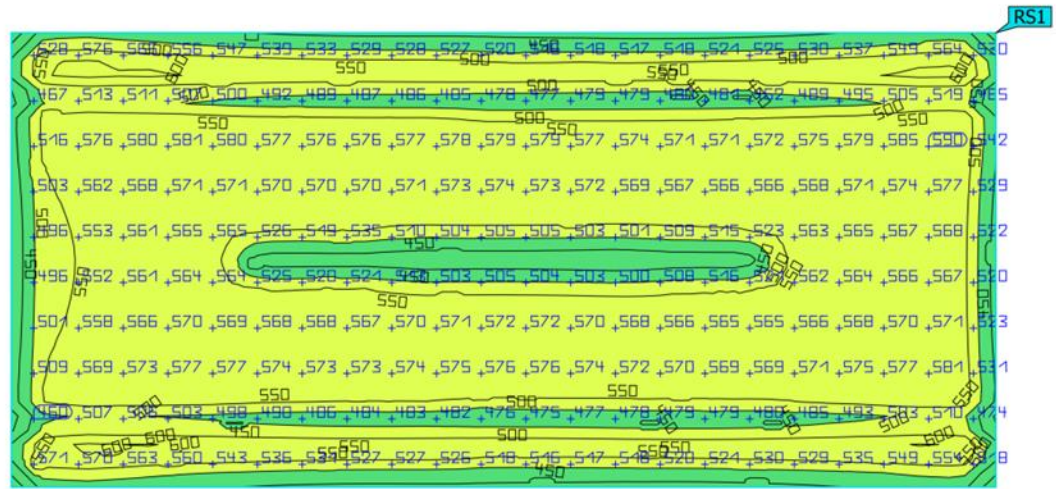
### 3. Cancha de tenis

Cancha de tenis

DIALux

Site 1 (Light scene 1)

#### Surface result object 1 (Furniture)



Properties	$\bar{E}$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Surface result object 1 (Furniture) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.100 m	542 lx	377 lx	608 lx	0.70	0.62	RS1

Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)

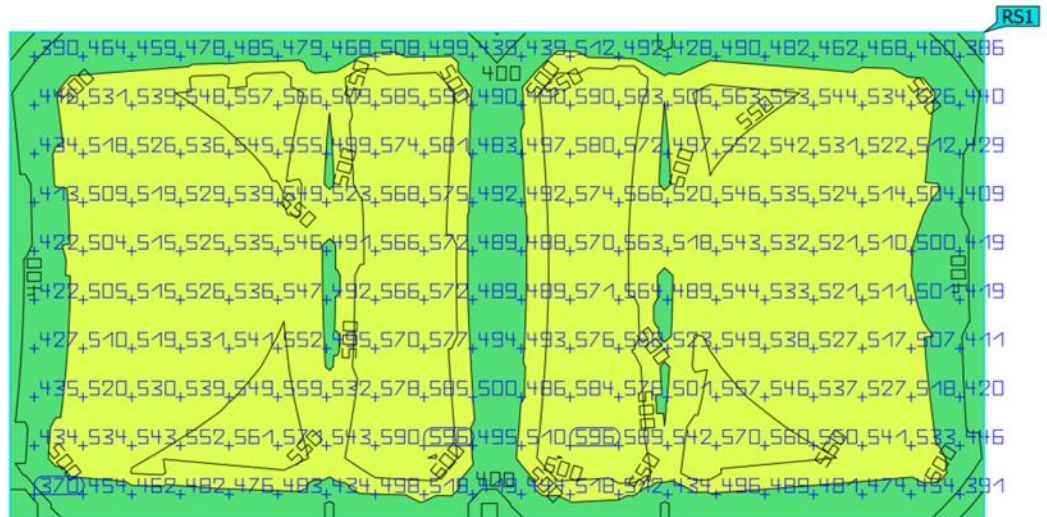
## 4. Cancha de voleibol

CANCHA Voleibol

DIALux

Site 1 (Light scene 1)

### Surface result object 1 (Furniture)



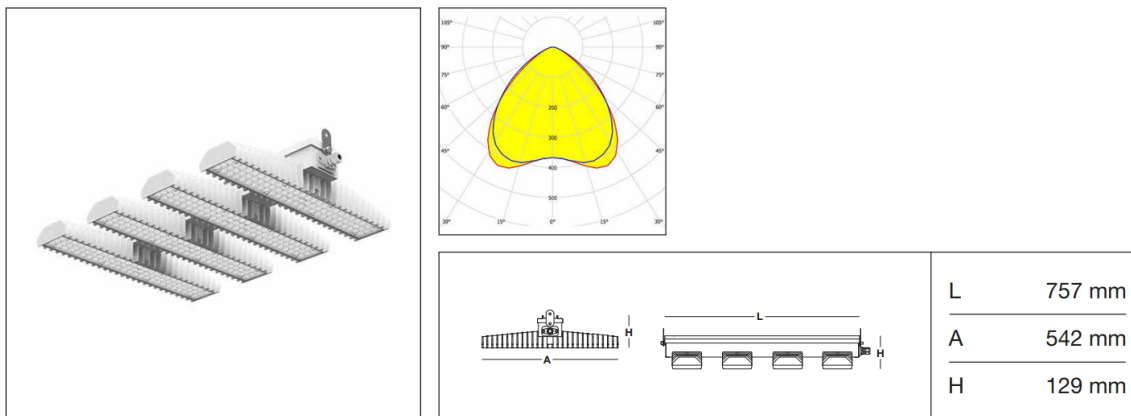
Properties	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Surface result object 1 (Furniture) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.100 m	514 lx	307 lx	605 lx	0.60	0.51	RS1

Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)

## Anexo D. Hoja técnica de luminaria 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO

**3F Filippi**

59082 - 3F LEM 4 SPORT LED 200 CR AMPIO



**Illuminación de ambiente deportivo de alto flujo, diseñado con las tecnologías más innovadoras con ambientes fríos de hasta 55°C.**

### LUMINOTÉCNICAS

Rendimiento luminoso 100% (DLOR 100%, ULOR 0%).  
 Flujo luminoso inicial de la luminaria 33475 lm.  
 Distribución amplia directa simétrica: la zona iluminada tiene una forma rectangular.  
 Instalación de Interdistance Dtransv. = 1,49 x hu - Dlong. = 1,43 x hu.  
 UGR <22 (EN 12464-1).  
 Eficacia luminosa 154 lm/W.  
 Duración útil (L93/B10): 30000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L90/B10): 50000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L85/B10): 80000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L80/B10): 100000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L85/B10): 50000 h. (tq+55°C)  
 Disminución repentina del flujo luminoso después de 50000 h: 0% (C0).  
 Seguridad fotobiológica conforme a la norma IEC/TR 62778: (RG0) (IEC 62471).  
 Conforme a las normas IEC/EN 62722-2-1 - IEC/EN 62717.

### FUENTE

4 módulos de LED lineales Mid-Power 50W/840.  
 Clase de eficiencia energética (UE 2019/2020 - UE 2019/2015): C.  
 Índice de reproducción cromática CIE 13.3: CRI >80 (R9 <50%).  
 Índice de Fidelidad cromática IES TM-30: Rf = 84 Rg = 95.  
 Temperatura nominal de color CCT 4000 K.  
 Tolerancia de color inicial (Mac Adam): SDCM 3.

### MECÁNICAS

Disipadores pasivos modulares en aluminio fundido a presión, pintados en blanco.  
 Para optimizar la gestión térmica del módulo LED, los disipadores de calor son de gran tamaño y provisto de auto-limpieza de las aletas de refrigeración.  
 Cuerpo cableado de aluminio soporte y acero blanco especialmente reforzado, firmemente anclado a los disipadores de calor y separada.  
 3F lentes de la lente con una alta eficacia luminosa, PMMA transparente, fijado a los módulos LED.  
 Soportes de fijación de acero inox.  
 Luminaria con temperatura superficial limitada. - D - (EN 60598-2-24)  
 Dimensiones: 757x542 mm, altura 129 mm. Peso 17,365 kg.  
 Grado de protección IP65.  
 Resistencia mecánica al golpe IK06 (1 joule).  
 Resistencia al hilo incandescente 650°C.

### ELÉCTRICAS

Equipo electrónico Halogen Free 230V-50/60Hz, factor de potencia 0,97, THD <25%, corriente de salida constante, clase I, 2 driver.  
 Potencia de la luminaria 218 W.  
 ENEC - CE.  
 SAFE FLICKER: PstLM=<1 e SVM=<0,4 (IEC TR 61547-1 e IEC TR 63158), garantizando una luz más cómoda y segura.  
 Luminaria compatible con EN 60598-2-22 para suministro de energía desde un sistema de emergencia centralizado CPSS (Central Power Supply System), no incorporado en la luminaria - áreas de alto riesgo excluidas. La potencia y el flujo predeterminados son 100% en CA y 100% en CC.  
 Temperatura ambiente de -30°C a +55°C.  
 Clase de temperatura T6 max 85°C.  
 Conexión rápida.  
 Conexión rápida de policarbonato con sujetacable M20x1,5 para acceder al terminal de bornes, colocado en una corredera extraíble.  
 Unidad de potencia colocado en un compartimento separado por el módulo LED para garantizar una temperatura óptima de componentes de cableado, para ser registrable y fácil de mantener.  
 Humedad Relativa UR: <85%.

### INSTALACIÓN

Techo / Suspensión / Pared.  
 Todos los accesorios dedicados a este producto están disponibles en el Catálogo y en nuestro sitio web [www.3F-Filippi.com](http://www.3F-Filippi.com).

### APLICACIONES

Luminaria apta para gimnasios e instalaciones deportivas, comerciales, industriales y salas de exposición.  
 Resistencia al lanzamiento de bolas según DIN 18032-3.  
 Interiores secos, polvorientos o con chorros de agua ocasionales.

### ADVERTENCIAS

Luminaria no apta para cámaras frigoríficas con temperatura ambiente <0°C y/o humedad relativa >85%.  
 Luminaria diseñada para su eliminación/reciclaje al final de su vida útil.  
 Fuente luminosa reemplazable (solo LED) por un profesional. Equipo de control reemplazable por un profesional.

El rendimiento es medido y certificado por nuestro Laboratorio Fotométrico CTFs2 (EN 13032, IES LM79); Pruebas y Ensayos (EN IEC 60598-1, CISPR 15, IEC 61547). En función de la continua evolución tecnológica de los componentes electrónicos, los datos indicados están sujetos a actualización por lo que es necesario solicitar confirmación al hacer el pedido. El flujo luminoso y la potencia eléctrica presentan tolerancias +/-10% respecto al valor indicado. tq +25°C (CIE 121).

Dimensiones y especificaciones sujetas a alteraciones sin aviso.

ST.20230218 - Página 1 de 1

### 3F Filippi S.p.A.

Via del Savena, 28 - Z.I. Piastrella - 40065 Pian di Macina - Pianoro (Bologna) - Italia  
 CF. 01033260371 - P.I. IT00529461204 - Capital social 3.000.000 euros totalmente pagado  
 Registro Mercantil de Bologna n.º 01033260371 - REA N. 234613

**Web** [www.3F-Filippi.com](http://www.3F-Filippi.com)  
**e-Mail** [3F-Filippi@3F-Filippi.it](mailto:3F-Filippi@3F-Filippi.it)  
**Teléfono** +39.051.6529611  
**Fax** +39.051.775884

# Anexo E. Hoja técnica de módulo fotovoltaico Tiger Pro 72HC-BD

www.jinkosolar.com

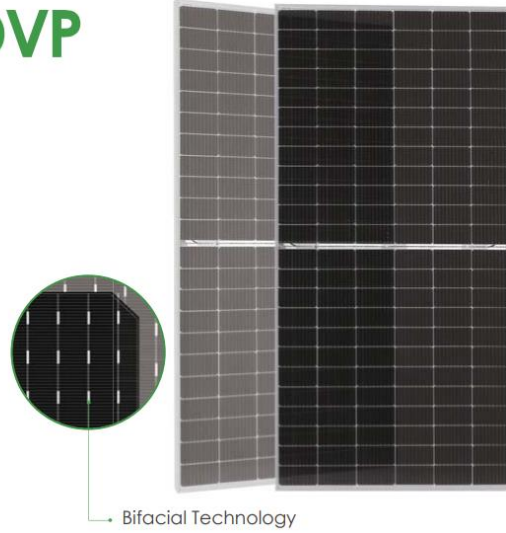


## Tiger Pro 72HC-BDVP 525-545 Watt BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

### P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

- IEC61215(2016), IEC61730(2016)
- ISO9001:2015: Quality Management System
- ISO14001:2015: Environment Management System
- ISO45001:2018 Occupational health and safety management systems



## Key Features



**Multi Busbar Technology**  
Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



**Longer Life-time Power Yield**  
0.45% annual power degradation and 30 year linear power warranty.



**PID Resistance**  
Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



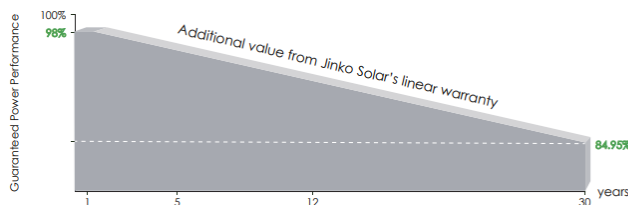
**Enhanced Mechanical Load**  
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



**Higher Power Output**  
Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

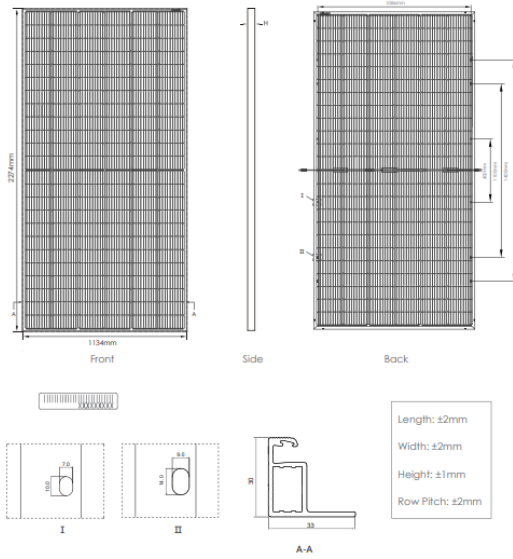


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.45% Annual Degradation Over 30 years

## Engineering Drawings



## Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

35pcs/pallets, 70pcs/stack, 630pcs/ 40'HQ Container

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM525M-72HL4-BDVP		JKM530M-72HL4-BDVP		JKM535M-72HL4-BDVP		JKM540M-72HL4-BDVP		JKM545M-72HL4-BDVP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	405Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.80V	37.81V	40.87V	37.88V	40.94V	37.94V	41.13V	38.08V	41.32V	38.25V
Maximum Power Current (Imp)	12.87A	10.33A	12.97A	10.41A	13.07A	10.49A	13.13A	10.55A	13.19A	10.60A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.42V	46.65V	49.48V	46.70V	49.54V	46.76V	49.73V	46.94V	49.92V	47.12V
Short-circuit Current (Isc)	13.63A	11.01A	13.73A	11.09A	13.83A	11.17A	13.89A	11.22A	13.95A	11.27A
Module Efficiency STC (%)	20.36%		20.55%		20.75%		20.94%		21.13%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

## BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		5%		15%		25%	
		Maximum Power (Pmax)	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (Pmax)	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (Pmax)	Module Efficiency STC (%)
		551Wp	21.38%	604Wp	23.41%	656Wp	25.45%
		557Wp	21.58%	610Wp	23.64%	663Wp	25.69%
		562Wp	21.78%	615Wp	23.86%	669Wp	25.93%
		567Wp	21.99%	621Wp	24.08%	675Wp	26.18%
		572Wp	22.19%	623Wp	24.30%	681Wp	26.42%

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

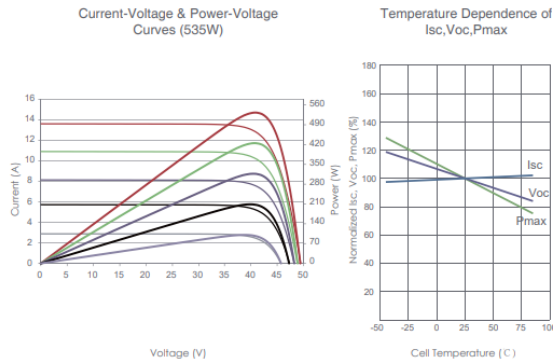
NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

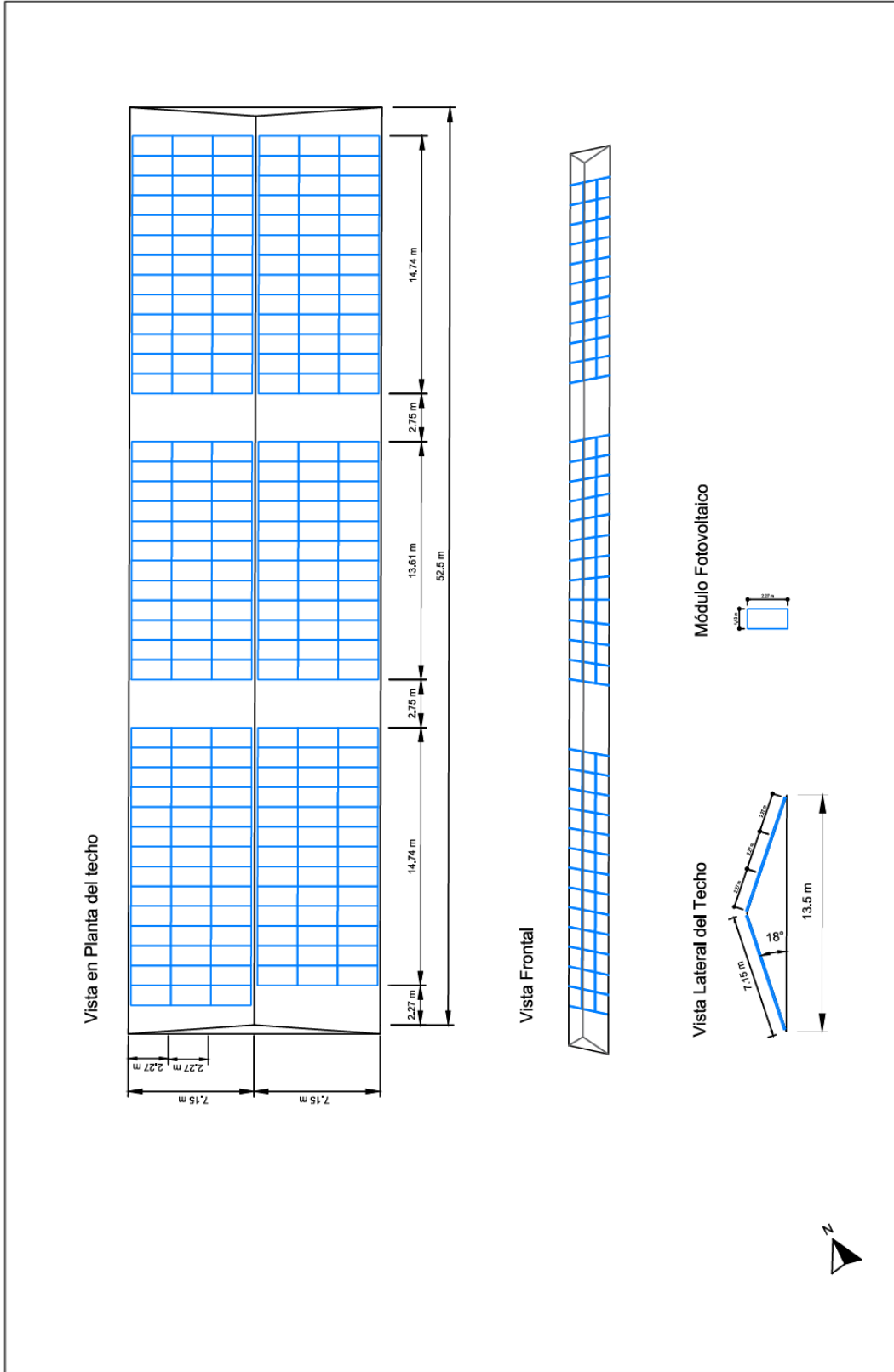
## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2274×1134×30mm (89.53×44.65×1.18 inch)
Weight	34.3 kg (75.6 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

## Anexo F. Plano de distribución de módulos fotovoltaicos



<b>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</b> Facultad de Ingeniería Civil	PROYECTO: <b>Trabajo Profesional Módulos fotovoltaicos</b>	Revisado por: <b>Naomi Baños</b>	DISEÑO: <b>Naomi Baños</b>	ESCALA:  	CONTENIDO: Posición de paneles solares sobre el techo de la cancha de baloncesto
	Autor: <b>Naomi Baños</b>	Comité: <b>18155</b>	PLANO Nº: <b>01</b>	Tipo de plano: <b>ANSI A</b>	FECHA: <b>07/11/22</b>

# Anexo G. Irradiación solar atlas Escuintla

## GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

### Municipio de Escuintla

14.320323°, -090.777969°  
Carretera Antigua Palin - Escuintla, Municipio de Escuintla, Escuintla, Guatemala  
Time zone: UTC-06, America/Guatemala [CST]

Report generated: 20 Mar 2023

#### SITE INFO

Map data		Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	<b>1641.8</b> kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	<b>1758.3</b> kWh/m <sup>2</sup>
Global horizontal irradiation	GHI	<b>2015.6</b> kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse horizontal irradiation	DIF	<b>792.7</b> kWh/m <sup>2</sup>
Global tilted irradiation at optimum angle	G TI opta	<b>2101.1</b> kWh/m <sup>2</sup>
Optimum tilt of PV modules	OPTA	<b>18 / 180</b> °
Air temperature	TEMP	<b>25.6</b> °C
Terrain elevation	ELE	<b>402</b> m

#### Map

#### Horizon and sunpath

**Solar azimuth [°]** (X-axis: 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315, 360)

**Solar elevation [°]** (Y-axis: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90)

Legend:  
 - Terrain horizon (grey line)  
 - Active area (yellow shaded region)  
 - CST (UTC-06:00) (blue arrows)  
 - Solar time (black dots)  
 - June solstice (red line)  
 - December solstice (blue line)  
 - Equinox (black line)

#### PVOUT map

Scale: 300 km / 200 mi

Legend: kWh/kWp (600 to 2400)

WORLD BANK GROUP ESMAP SOLARGIS © 2023 The World Bank Group

Municipio de Escuintla 1 / 3

53



# GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

## PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

### Annual averages

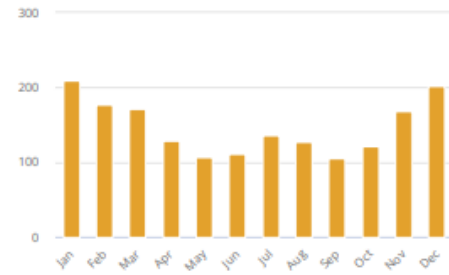
Direct normal irradiation

# 1765.1

kWh/m<sup>2</sup> per year

### Monthly averages

Direct normal irradiation



### Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m<sup>2</sup>]



### Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m<sup>2</sup>]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	37	52	120	134	135	186	179	148	139	182	171	116
7 - 8	478	469	453	345	270	325	351	348	338	387	487	513
8 - 9	680	664	612	481	379	423	471	471	445	503	629	683
9 - 10	789	772	720	585	458	485	561	561	520	565	713	776
10 - 11	849	824	748	625	488	508	592	588	518	547	740	826
11 - 12	854	793	702	582	469	453	550	527	457	483	707	827
12 - 13	789	718	610	502	428	408	500	435	348	375	629	752
13 - 14	685	600	495	383	318	349	418	334	257	298	525	649
14 - 15	571	493	392	266	209	226	290	248	171	226	417	530
15 - 16	487	398	305	188	132	156	204	181	123	184	321	424
16 - 17	393	328	232	131	83	111	151	143	112	148	239	324
17 - 18	148	190	151	85	55	85	119	110	66	45	38	76
18 - 19						11	17					
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	6759	6301	5542	4306	3424	3726	4402	4094	3493	3942	5615	6496

# GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

## GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m <sup>2</sup> , MJ/m <sup>2</sup>	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m <sup>2</sup> , MJ/m <sup>2</sup>	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m <sup>2</sup> , MJ/m <sup>2</sup>	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m <sup>2</sup> , MJ/m <sup>2</sup>	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTI <sub>opta</sub>	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m <sup>2</sup> , MJ/m <sup>2</sup>	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT <sub>total</sub>	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT <sub>specific</sub>	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

## ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank  
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

## Anexo H. Normas reglamentarias UNE 12.193 para la iluminación de instalaciones deportivas

NORMATIVA

### UNE 12.193–Iluminación de instalaciones deportivas

A esta norma debe acudirse en el origen de todos los proyectos de iluminación para iluminación de instalaciones deportivas. Recomienda el cumplimiento no solo cuantitativo (iluminancias y uniformidades) sino también cualitativo (deslumbramiento y de nuevo rendimiento en colores).

La norma UNE 12193 indica los niveles de iluminación de las instalaciones deportivas en función del uso, clasificando el alumbrado en tres tipos basándose en el nivel de competición:

- **Alumbrado Clase I:** Competición del más alto nivel. Competiciones nacionales e internacionales. Normalmente acude un gran número de espectadores y los recintos son grandes.
- **Alumbrado Clase II:** Competición de nivel medio. Partidos de competición regional y local.
- **Alumbrado Clase III:** Entrenamiento general, educación física y actividades recreativas.

Las tablas siguientes muestran, para cada deporte, las recomendaciones mínimas de niveles de iluminación y de uniformidad.

Los niveles mínimos de calidad de la luz, en términos de reproducción cromática (Ra). En el caso de deportes en el exterior, se indica el nivel de deslumbramiento máximo.

Si hay retransmisión televisiva, se debe asegurar de que una cámara recibe suficiente luz procedente de una zona en la que se quiere captar una imagen, es necesario especificar y medir los niveles de iluminación hacia cada posición de cámara seleccionada. El propósito de estimar la iluminación hacia un conjunto de cámaras es asegurarse de que cada cámara recibe suficiente iluminación para la parte del terreno de juego que cubre.

Tan importante son los niveles de iluminación como el de uniformidad. También se deben de calcular los niveles de iluminación verticales. Las medidas se deben de tomar 1,5 m por encima del terreno de juego, salvo deportes de natación que se medirá a nivel del agua.

### RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR PARA EVENTOS NO TELEVISADOS

#### FÚTBOL AMERICANO, BALONCESTO, CARRERAS DE CICLISMO, FISTBALL, FÚTBOL, BALONMANO, NETBALL, RUGBY Y VOLEIBOL

CLASE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL	UNIFORMIDAD MIN/MED	RENDIMIENTO CROMÁTICO	VALORACIÓN DE BRILLO
I	500	0,7	>60	<50
II	200	0,6	>60	<50
III	750	0,5	>20	<55

#### NATACIÓN (DEPORTES ACUÁTICOS)

CLASE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL	UNIFORMIDAD MIN/MED	RENDIMIENTO CROMÁTICO	VALORACIÓN DE BRILLO
I	500	0,7	>60	<50
II	300	0,7	>60	<50
III	200	0,5	>20	<55

Nota: en el caso de saltos de trampolín, también se debería tener en cuenta la uniformidad vertical. Clase I: 0,8 Eh / Ev. Clase II: 0,5 Eh/ Ev. Clase III: 0,5 Eh / Ev.

#### TENIS

CLASE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL	UNIFORMIDAD MIN/MED	RENDIMIENTO CROMÁTICO	VALORACIÓN DE BRILLO
I	500	0,7	>60	<50
II	300	0,7	>60	<50
III	200	0,6	>20	<55

Nota: los valores se refieren al "área de juego total", según la definición de la ITF.

## Anexo I. Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE2 AGIES

Sección 3.7 Cargas vivas para edificaciones página 3-7 Tabla 3.7.1-1

**Tabla 3.7.1-1 (continuación)**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m <sup>2</sup> )	Pv (kg)
<b>Almacenes</b>		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1200
<b>Bodegas</b>		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1200	1200
<b>Fábricas</b>		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1000	1200
<b>Cubiertas pesadas (Inciso 3.3 (g))</b>		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 <sup>[b]</sup>	
Azoteas usadas para jardín o para reuniones	500	
<b>Cubiertas livianas (Inciso 3.3 (h))</b>		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 <sup>[b][c]</sup>	135

[a] Carga depende del tipo de cancha

[b] Sobre proyección horizontal

[c] Carga no reducible

[R] Puede aplicar reducción de carga viva según Sección 3.5.

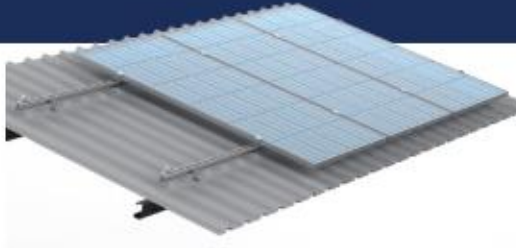
**Tabla 3.7.1-1 (continuación)**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m <sup>2</sup> )	Pv (kg)
<b>Hoteles, carga de escaleras y de elevadores</b>		
Habitaciones	200 [R]	450
Servicios y áreas públicas	500	800

## Anexo J. Ficha técnica estructura para soportar paneles L feet

Ficha técnica:  
L feet





### Especificaciones

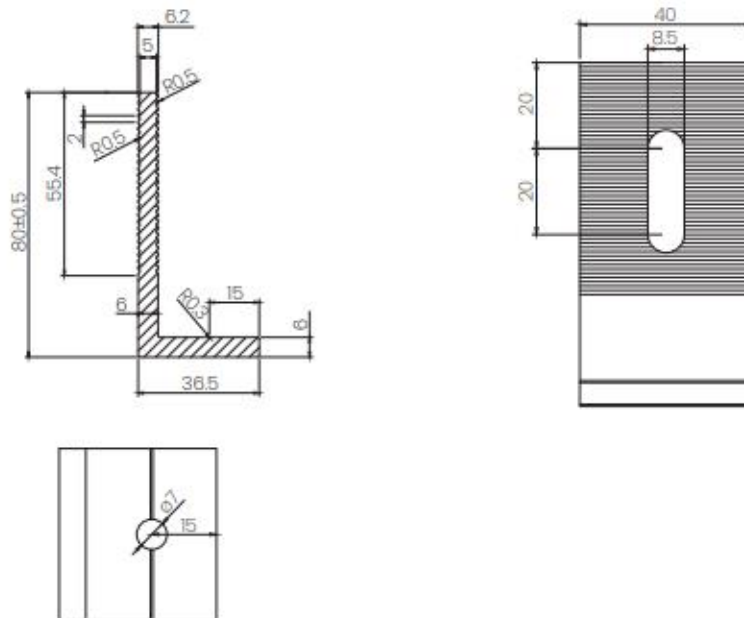
**Materiales:** aluminio anodizado 6005 T5  
Acero inoxidable 304

**Velocidad del viento:** hasta 27 m/s  
**Carga de nieve:** hasta 50 cm

### Accesorios

Cantidad/ paneles	 L foot	 Roll	 Empalme de rol	 Abrazadera intermedia	 Abrazadera final	Peso bruto (kg)
1 panel	4	2	-	-	4	31
2 paneles	6	4	2	2	4	54
3 paneles	8	6	4	4	4	78
4 paneles	8	8	6	6	4	101
5 paneles	10	10	8	8	4	122
6 paneles	12	12	10	10	4	146

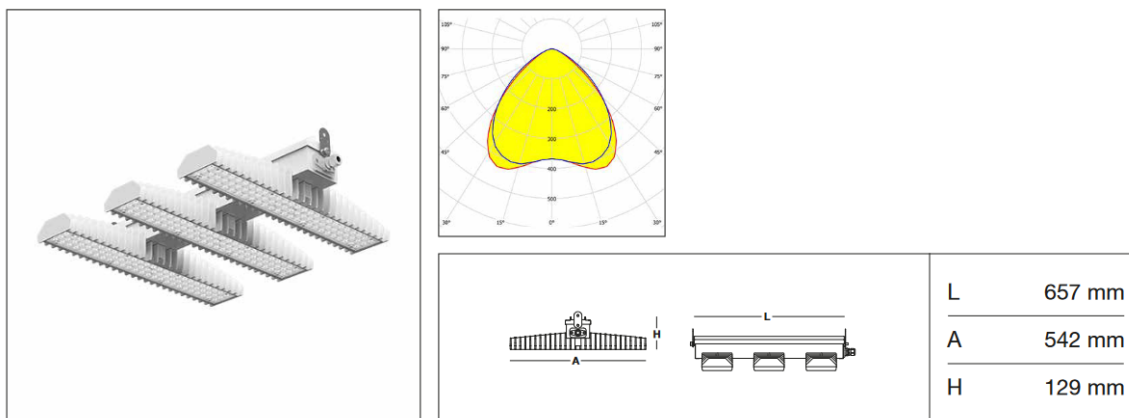
### Medidas



## Anexo K. Ficha técnica de otras opciones de luminarias

**3F Filippi**

59081 - 3F LEM 3 SPORT LED 150 CR AMPIO



Illuminación de ambiente deportivo de alto flujo, diseñado con las tecnologías más innovadoras con ambientes fríos de hasta 55°C.

### LUMINOTÉCNICAS

Rendimiento luminoso 100% (DLOR 100%, ULOR 0%).  
 Flujo luminoso inicial de la luminaria 25106 lm.  
 Distribución amplia directa simétrica: la zona iluminada tiene una forma rectangular.  
 Instalación de Interdistance Dtransv. = 1,49 x hu - Dlong. = 1,43 x hu.  
 UGR Tabular (CIE 117 - 4H-8H; S=0,25H; 70/50/20): RUG 23,3 - 23,8.  
 Ángulo de apertura: 94° - 95°.  
 Eficacia luminosa 152 lm/W.  
 Duración útil (L93/B10): 30000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L90/B10): 50000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L85/B10): 80000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L80/B10): 100000 h. (tq+25°C)  
 Duración útil (L85/B10): 50000 h. (tq+55°C)  
 Disminución repentina del flujo luminoso después de 50000 h: 0% (C0).  
 Seguridad fotobiológica conforme a la norma IEC/TR 62778: (RG0) (IEC 62471).  
 Conforme a las normas IEC/EN 62722-2-1 - IEC/EN 62717.

### FUENTE

3 módulos de LED lineales Mid-Power 50W/840.  
 Clase de eficiencia energética (UE 2019/2020 - UE 2019/2015): C.  
 Índice de reproducción cromática CIE 13.3: CRI >80 (R9 <50%).  
 Índice de Fidelidad cromática IES TM-30: Rf = 84 Rg = 95.  
 Temperatura nominal de color CCT 4000 K.  
 Tolerancia de color inicial (Mac Adam): SDCM 3.

### MECÁNICAS

Disipadores pasivos modulares de una sola pieza de fundición a presión de aluminio, de gran tamaño para la gestión térmica óptima del módulo LED con la auto-limpieza de las aletas de refrigeración para el efecto chimenea.  
 Cuerpo cableado de aluminio soporte y acero blanco especialmente reforzado, firmemente anclado a los disipadores de calor y separada.  
 Lentes 3F Lens fotograbadas en metacrilato (PMMA), con alta eficacia luminosa y distribución luminosa amplia, fijadas a los módulos LED.  
 Luminaria con temperatura superficial limitada. - D - (EN 60598-2-24)  
 Dimensiones: 657x542 mm, altura 129 mm. Peso 13,7 kg.  
 Grado de protección IP65.  
 Resistencia mecánica al golpe IK06 (1 joule).  
 Resistencia al hilo incandescente 650°C.

### ELÉCTRICAS

Equipo electrónico Halogen Free 230V-50/60Hz, factor de potencia 0,97, THD <25%, corriente de salida constante, clase I, 2 driver.  
 Potencia de la luminaria 165 W.  
 ENEC - CE.  
 SAFE FLICKER: PstLM=<1 e SVM=<0,4 (IEC TR 61547-1 e IEC TR 63158), garantizando una luz más cómoda y segura.  
 Luminaria compatible con EN 60598-2-22 para suministro de energía desde un sistema de emergencia centralizado CPSS (Central Power Supply System), no incorporado en la luminaria - áreas de alto riesgo excluidas. La potencia y el flujo predeterminados son 100% en CA y 100% en CC.  
 Temperatura ambiente de -30°C a +55°C.  
 Clase de temperatura T6 max 85°C.  
 Conexión rápida.  
 Unidad de potencia colocado en un compartimento separado por el módulo LED para garantizar una temperatura óptima de componentes de cableado, para ser registrable y fácil de mantener.  
 Humedad Relativa UR: <85%.

### INSTALACIÓN

Techo / Suspensión / Pared.  
 Todos los accesorios dedicados a este producto están disponibles en el Catálogo y en nuestro sitio web [www.3F-Filippi.com](http://www.3F-Filippi.com).

### APLICACIONES

Luminaria apta para gimnasios e instalaciones deportivas, comerciales, industriales y salas de exposición.  
 Las aplicaciones con altas temperaturas ambiente de hasta 55°C.  
 Resistencia al lanzamiento de bolas según DIN 18032-3, certificación CSI (grupo IMQ) informe 0031\DCVAEF17\_2.

### ADVERTENCIAS

Luminaria no apta para cámaras frigoríficas con temperatura ambiente <0°C y/o humedad relativa >85%.  
 Luminaria diseñada para su eliminación/reciclaje al final de su vida útil.  
 Fuente luminosa reemplazable (solo LED) por un profesional. Equipo de control reemplazable por un profesional.

El rendimiento es medido y certificado por nuestro Laboratorio Fotométrico CTFs2 (EN 13032, IES LM79); Pruebas y Ensayos (EN IEC 60598-1, CISPR 15, IEC 61547). En función de la continua evolución tecnológica de los componentes electrónicos, los datos indicados están sujetos a actualización por lo que es necesario solicitar confirmación al hacer el pedido. El flujo luminoso y la potencia eléctrica presentan tolerancias +/-10% respecto al valor indicado. tq +25°C (CIE 121).

Dimensiones y especificaciones sujetas a alteraciones sin aviso.

ST.20230912 - Página 1 de 1

### 3F Filippi S.p.A.

Via del Savena, 28 - Z.I. Piastrella - 40065 Pian di Macina - Pianoro (Bologna) - Italia  
 CF. 01033260371 - P.I. IT00529461204 - Capital social 3.000.000 euros totalmente pagado  
 Registro Mercantil de Bologna n.º 01033260371 - REA N. 234613

Web [www.3F-Filippi.com](http://www.3F-Filippi.com)  
 e-Mail [3F-Filippi@3F-Filippi.it](mailto:3F-Filippi@3F-Filippi.it)  
 Teléfono +39.051.6529611  
 Fax +39.051.775884

**REFLECTOR LED 100W**



Voltaje: 85 - 265V  
 Consumo: 100 Watts  
 Ángulo: 120°  
 Eficiencia: 100lm / w  
 Horas de vida: 35,000hrs  
 Color: 3,000k / 6,000k  
 Factor de Potencia: >0.9  
 Grado de protección: IP65  
 CRI: ≥75  
 KV: 6  
 Temperatura de trabajo: -40°c a 50°c

**10,000 lm**

EQUIVALENCIA  
 #100 1000lm  
**100W=300W**  
 Ahorro hasta un 67%



**REFLECTOR LED 150W**



Voltaje: 85 - 265V  
 Consumo: 150 Watts  
 Ángulo: 120°  
 Eficiencia: 120lm / w  
 Horas de vida: 35,000hrs  
 Color: 6,000k  
 Factor de Potencia: >0.9  
 Grado de protección: IP65  
 CRI: ≥75  
 KV: 4  
 Temperatura de trabajo: -40°c a 50°c

**18,000 lm**

EQUIVALENCIA  
 #150 1800lm  
**150W=400W**  
 Ahorro hasta un 63%



**REFLECTOR LED 300W**



Voltaje: 100 - 277V  
 Consumo: 300 Watts  
 Ángulo: 90°  
 Eficiencia: 150lm / w  
 Horas de vida: 50,000hrs  
 Color: 6,500k  
 Factor de Potencia: >0.9  
 Grado de protección: IP65  
 CRI: ≥70  
 KV: 6  
 Temperatura de trabajo: -20°c a 45°c

**45,000 lm**

EQUIVALENCIA  
 #300 4500lm  
**300W=1000W**  
 Ahorro hasta un 68%

