

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA  
EL ALUMBRADO DE LA LOZA DEPORTIVA DE LA ASOCIACION DE  
VIVIENDA “6 DE JULIO” – S.J.M. 2019”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

PADILLA ALVARADO, ALEJANDRO

Villa El Salvador  
2019

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para los dos pilares en mi formación tanto personal como profesional, mis padres, Godofredo y Noemí, que sin sus enseñanzas ni consejos no podría estar hoy donde me encuentro. A mi esposa Cindy y mi hijo Santiago, que me llenan de fuerza todos los días y me dan el motivo para continuar mejorando.

## AGRADECIMIENTO

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería y Gestión, por su constante apoyo y sus enseñanzas.compañeros, por su amistad y apoyo en todos estos años de estudios.

A mi asesor, el Ingeniero Carlos Boulanger, por su paciencia y constante apoyo en el desarrollo de este trabajo.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>Pág.1</b>
--------------------------	--------------

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	Pág.3
1.2. Justificación del Problema.....	Pág.5
1.3. Delimitación del Proyecto.....	Pág.6
1.3.1.-Teórica	
1.3.2.-Temporal	
1.3.3.-Espacial	
1.4. Formulación del Problema.....	Pág.7
1.4.1 Problema General	
1.4.2.-Problemas específicos	
1.5. Objetivos.....	Pág.8
1.5.1.Objetivo General	
1.5.2. Objetivos Específicos	

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes.....	Pág.09
2.2 Bases Teóricas.....	Pág.14
2.2.1 Energía Solar Fotovoltaica.....	Pág.14
2.2.1.1 Paneles Solares.....	Pág.17
2.2.1.2 Tipos de Paneles Solares.....	Pág.18
2.2.1.3 Partes de los Paneles Solares.....	Pág.20
2.2.1.4 Funcionamiento de los Paneles Solares.....	Pág.21
2.2.1.5 Determinación de la Inclinação.....	Pág.23
2.2.2 Diseño del Sistema Fotovoltaico.....	Pág.25
2.2.2.1 Paneles Fotovoltaicos.....	Pág.25
2.2.2.2 Dimensionamiento de los Paneles Fotovoltaicos.....	Pág.27
2.2.2.3 Estructura de Soporte.....	Pág.31
2.2.2.4 Sistema de Baterías para almacenamiento.....	Pág.33
2.2.2.5 Tipos de Baterías.....	Pág.37
2.2.2.6 Dimensionamiento de Baterías.....	Pág.41
2.2.2.7 Regulador de Carga.....	Pág.45
2.2.2.8 Inversor de Corriente.....	Pág.52
2.2.2.9 Consideraciones para el Diseño.....	Pág.54

2.2.2.10 Conductores Electricos.....	Pág.56
2.2.2.11 Sistemas de Proteccion.....	Pág.58
2.2.2.12 Cargas de Alumbrado.....	Pág.59
2.2.3 Implementacion del Sistema Fotovoltaico.....	Pág.60
2.2.4 Diseño de un Sistema de Alumbrado usando paneles fotovoltaicos para una Losa Deportiva.....	Pág.64
2.2.4.1 Estimacion de la Radiacion Solar.....	Pág.65
2.2.4.2 Estimacion de la Carga de Alumbrado.....	Pág.68
2.2.5 Equipos Disponibles en el Mercado Nacional.....	Pág.71
2.2.6 Dimensionamiento de los Componentes y Estimacion del Presupuesto.....	Pág.72
2.2.6.1 Tension de la Instalacion.....	Pág.72
2.2.6.2 Consumo Electrico.....	Pág.72
2.2.6.3 Paneles Solares.....	Pág.73
2.2.6.4 Estructura de Soporte.....	Pág.74
2.2.6.5 Regulador de Carga.....	Pág.74
2.2.6.6 Baterias.....	Pág.75
2.2.6.7 Inversor.....	Pág.75
2.2.6.8 Tipologia del Sistema.....	Pág.76
2.2.6.9 Posibles Financistas del Proyecto.....	Pág.77
2.2.7 Software DIALux 4.....	Pág.78
2.2.8 Normativa para Sistemas Fotovoltaicos.....	Pág.80
2.3 Definición de términos básicos.....	Pág.82

**CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA UNA LOSA DEPORTIVA EN LA ASOCIACION DE VIVIENDA 6 DE JULIO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES**

3.1.- Modelo de solución propuesto.....	Pág.83
3.1.1 Inspeccion insitu.....	Pág.85
3.1.2 Selección de la inclinación y dirección de los paneles fotovoltaicos.....	Pág.86
3.1.3 Selección del tipo de sistema fotovoltaico.....	Pág.86
3.1.4 Selección de los paneles fotovoltaicos.....	Pág.86
3.1.5 Selección de los reflectores.....	Pág.89
3.1.6 Selección de conductores eléctricos.....	Pág.89
3.1.7 Selección del inversor.....	Pág.91
3.1.8 Selección de baterías.....	Pág.92
3.1.9 Selección del regulador de carga.....	Pág.93
3.1.10 Selección de la torre de soporte.....	Pág.93
3.1.11 Presupuesto inicial.....	Pág.94

3.1.12 Reentabilidad del proyecto.....Pág.95  
3.2.-Resultados.....Pág.100

**CONCLUSIONES.....Pág.102**  
**RECOMENDACIONES.....Pág.103**  
**BIBLIOGRAFIA.....Pág.104**  
**ANEXOS.....Pág.107**

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de la Loza Deportiva 6 de Julio – San Juan de Miraflores.....	7
<b>Figura 2:</b> Porcentaje de la energía solar que llega a la superficie.....	14
<b>Figura 3:</b> Efecto fotovoltaico – recuperado de: Ingenieria Electronica.org (2019).....	15
<b>Figura 4:</b> Esquema de un Sistema Fotovoltaico Autónomo - Alejandro Zitzer (2015) .....	16
<b>Figura 5:</b> Sistema Fotovoltaico conectado a Red - SANEA (2019).....	17
<b>Figura 6:</b> Universidad de Chile (2018) - Panel solar.....	18
<b>Figura 7:</b> Tipos de Celdas Solares – Ernesto Rodriguez; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España).....	19
<b>Figura 8:</b> Partes de un Panel Fotovoltaico (2019) – Ernesto Rodriguez; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España).....	20
<b>Figura 9:</b> Tipos de materiales – Adrian Yopez (2013).....	22
<b>Figura 10:</b> Inclinacion del panel solar – Ernesto Rodriguez; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España).....	25
<b>Figura 11:</b> Irradiancia vs HPS.....	29
<b>Figura 12:</b> Variacion de voltaje en una batería con regulador de carga.....	49
<b>Figura 13:</b> Corriente alterna, onda cuadrada.....	53
<b>Figura 14:</b> Onda sinusoidales en la salida del inversor.....	54
<b>Figura 15:</b> Esquema Solar Fotovoltaico.....	60
<b>Figura 16:</b> Corriente vs Voltaje en modulo fotovoltaico - <a href="http://www.autosolar.es">www.autosolar.es</a> (2019)....	61
<b>Figura 17:</b> Dimensiones de la Losa Deportiva “6 de Julio” .....	64
<b>Figura 18:</b> Reflector RF-12V30W – OPALUX.....	69
<b>Figura 19:</b> Reflector RLED-50W– OPALUX.....	70
<b>Figura 20:</b> Reflector RLED-100W– OPALUX.....	71
<b>Figura 21:</b> Software DIALux 4.....	80
<b>Figura 22:</b> Dimensiones de la Losa Deportiva .....	85
<b>Figura 23:</b> Bateria AGM 12V 80Ah Kaise Monobloc.....	92
<b>Figura 24:</b> Controlador PWM LCD 20A 12/24V Must Solar .....	93

**Figura 25: Estructura de soporte .....94**



## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Inclinacion según la latitud.....	23
<b>Tabla 2:</b> Valores de Descarga Maxima Porcentual Permitida.....	43
<b>Tabla 3:</b> Numero de Ciclos Requeridos Antes de una Descarga del 50%.....	44
<b>Tabla 4:</b> Cobertura eléctrica en America Latina y el Caribe. OLADE – SIEE 2010...62	
<b>Tabla 5:</b> Irradiancia Solar promedio en algunas localidades del Peru – SENAMHI...66	
<b>Tabla 6:</b> Cuadro de cargas.....	73
<b>Tabla 7:</b> DIALux evo 8.1 – DIALux 4.....	79
<b>Tabla 8:</b> Conductores eléctricos THW-90 INDECO .....	90
<b>Tabla 9:</b> Presupuesto inicial del proyecto .....	95
<b>Tabla 10:</b> Simulador de préstamo del Banco de la Nacion.....	96
<b>Tabla 11:</b> Depreciacion Anual de los Equipos – Elaboracion propia.....	96
<b>Tabla 12:</b> Flujo de caja proyectado en horizonte de 20 años, con cuotas del Banco de la Nacion – Elaboracion Propia .....	98
<b>Tabla 13:</b> Valor Actual Neto del Proyecto – Elaboracion Propia .....	99

## INTRODUCCION

Este trabajo de investigación tuvo como finalidad el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para un caso de estudio particular, el de una loza deportiva, ubicada en una Asociación de Vivienda que lleva por nombre "6 de Julio", en el distrito de San Juan de Miraflores, en el periodo de abril a mayo del 2019.

Se decidió estudiar este tema por que pudimos observar un problema social en esta zona, la carencia de un suministro eléctrico y a su vez un sistema de alumbrado que permita desarrollar actividades deportivas en horario nocturno, esto repercute en el aprovechamiento indebido de este espacio destinado para el deporte, usado como botadero de desmonte y basura, drogadicción y consumo de bebidas alcoholicas, delincuencia, etc.

El tipo de investigación a empleado fue de carácter descriptivo, basado en investigaciones previas y teorías sobre calculo de componentes de un sistema fotovoltaico, se logró poder dimensionar un sistema fotovoltaico apropiado para el suministro eléctrico que abastece la iluminación de esta loza deportiva.

Conocemos el contexto actual sobre la problemática de el uso de energías no renovables para la generación de energía, como los combustibles fosiles, carbón, energía nuclear, etc., la cual repercute en el equilibrio ambiental a travez de emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>. Como medidas para contrarestar este problema ambiental, surgió el tratado internacional de Kioto el 11 de diciembre de 1997 en Japón, el cual tiene como finalidad la reducción de seis gases del efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global. En el marco nacional mediante el Decreto Legislativo N° 1002 del Ministerio de Energia y Minas, se declara de interés nacional y necesidad publica el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de recursos energéticos renovables.

En esta investigación se ha llevado a cabo un análisis de cada uno de los subsistemas que componen el sistema fotovoltaico como el subsistema de generación, subsistema de regulación, subsistema de almacenamiento, subsistema de adaptación de corriente y una carga final, que para este estudio serán unas luminarias que permitan el normal desarrollo de actividades deportivas en horas de la noche y a su vez analizamos los niveles de lúmenes adecuados según la Norma N° 017-AI-1/1982 (Perú); hicimos uso de esta norma por que hasta la actualidad no existe ninguna actualización; apoyandonos en el Software de simulación Dialux4, dado que es sencillo de usar y es un software libre.

Tambien se incluyó un apartado de la viabilidad económica del proyecto en el hipotético caso de implementarse, un análisis del contraste de la inversión, el tiempo de recuperación de la misma y la ganacia.

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene por título “DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA EL ALUMBRADO DE LA LOZA DEPORTIVA LA ASOCIACION DE VIVIENDA “6 DE JULIO” - S.J.M. 2019”, y consta de las tres siguientes partes:

Capítulo I, en el cual desarrollamos descriptivamente la realidad problemática y el por qué deseamos estudiar este tema.

Capitulo II, en el cual desarrollamos el marco teórico, con los estudios antecedentes al tema propuesto, bases teóricas y los términos básicos empleados.

Capitulo III, en el cual desarrollamos la última parte del trabajo, la cual es nuestras conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la Realidad Problemática**

La energía solar en la actualidad es un recurso muy utilizado a nivel mundial para la generación de energía eléctrica a travez de diferentes métodos, como la captación de esta energía usando paneles fotovoltaicos o utilizando el calor que esta misma emite a travez de colectores solares para el calentamiento de algún fluido.

Nuñez y Cruz (2013). La energía solar fotovoltaica es una energía renovable muy importante para la provision de energía en áreas geográficas de difícil acceso y que no cuentan con energía eléctrica comercial.

La iluminación es indispensable en la vida moderna para el desarrollo de las actividades cotidianas, no podemos ni siquiera imaginar pasar una temporada sin este servicio, dado que nos quitaría casi medio día de nuestra vida diaria y dejándonos sin la oportunidad de seguir desarrollándonos en nuestras actividades normales como son estudiar, hacer deporte, pasear, etc., esto sería perjudicial en lo económico, como social.

La Asociación de Vivienda “6 de Julio”, es un conjunto urbano creado a fines de los años ochenta, con la finalidad de brindar un terreno a los socios que para este caso serían exclusivamente profesores. Desde su creación se diseñó todo lo que es la habilitación urbana, tales así como lotes de vivienda, áreas verdes, vías de acceso, posta de salud, local comunal y un espacio deportivo.

Este trabajo se enfocó netamente en la iluminación para el espacio deportivo, la cual desde su creación nunca conto con un sistema de iluminación de ningún tipo, el cual permita el desarrollo normal de las actividades deportivas en horario nocturno, como consecuencia de esto surgieron problemas sociales tales como la delincuencia, drogadicción, y el aprovechamiento de la gente para usar este espacio deportivo con otros fines lejanos para los que fue construido, como botadero de desmonte y basura, delincuencia, drogadicción, etc., por lo desolado que se encuentra en horas de la noche.

Lo que proponemos es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el alumbrado de esta loza deportiva, el cual será analizado con el software **DIALux 4**, para comprobar si el dimensionamiento de la luminaria cumple con las normativas del Código Nacional de Electricidad (CNE), referente a los lúmenes adecuados para estos casos, además de proponer el dimensionamiento de los subsistemas que componen una instalación fotovoltaica. Con esto se espera demostrar que tan rentable es el uso de la energía solar a través de paneles fotovoltaicos para la iluminación de este espacio deportivo.

## **1.2 Justificación del Problema**

### **1.2.1 Económica**

Para que en un futuro, de implementarse este proyecto, se podría concesionar el espacio para poder obtener ingresos con los cuales subsidiar el gasto de la implementación y mantenimiento.

Por que existen múltiples instituciones que podrían brindar el financiamiento inicial como son ONG's, municipios, gobierno central, etc.

Por que en los últimos años, el costo de los elementos que conforman los sistemas fotovoltaicos a disminuido en 70% aproximadamente.

### **1.2.2 Técnica**

Por que el dimensionamiento planteado no estará sujeto a cambios futuros y contribuirá al ahorro energético del espacio que se ha estudiado, además por que en los últimos tiempos hay una tendencia a incentivar el uso de energías renovables y masificar el desarrollo sostenible.

### **1.2.3 Social**

Por que este espacio al no contar con un suministro eléctrico ni sistema de iluminación para el desarrollo de las actividades deportivas en horario nocturno, ocasiona el uso indebido de las instalaciones como

por ejemplo la drogadicción, delincuencia, botadero de basura y desmonte, etc., lo cual genera problemas sociales en la zona.

### **1.3 Delimitación del Proyecto**

#### **1.3.1 Teórica**

El siguiente proyecto de investigación se encuentra dentro del área de la electricidad, enmarcado principalmente en los siguientes temas teóricos:

- Instalaciones eléctricas: Alumbrado, conductores, paneles fotovoltaicos, baterías e inversores.
- Caída de tensión en conductores y pérdidas eléctricas.
- Especificación de materiales y componentes eléctricos.
- Normativa del sector eléctrico.
- Energía renovable para la generación de energía eléctrica.

#### **1.3.2 Temporal**

El tiempo para realizar el proyecto es de dos meses y dos días, desde el 4 de febrero al 4 de abril del 2019.

#### **1.3.3 Espacial**

El lugar donde se ejecutara el Diseño, geográficamente se encuentra situada en el distrito de San Juan de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima, como se indica en la Figura 1 adjunta:

- Asociación de Vivienda 6 de Julio
- Coordenadas: 12°08'24.7"S 76°58'40.4"O
- Es una losa deportiva ubicada en el complejo multifuncional de la Asociación 6 de Julio.
- Área aproximada: 522,69 m<sup>2</sup> ≈ 523 m<sup>2</sup>



**Figura 1.** Ubicación del espacio deportivo 6 de Julio – San Juan de Miraflores.  
Proporcionado de Google Maps en el año 2019.

## 1.4 Formulación del Problema

### 1.4.1 Problema General

- ¿Cómo será el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para el alumbrado de la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.?

### 1.4.2 Problema Específicos

- ¿Cuáles serán los componentes que intervendrán en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.?
- ¿Qué tan rentable será el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.?
- El dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M. cumplirá con los niveles de iluminación recomendados por la norma N° 017-AI-1/1982.



## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Dimensionar una instalación fotovoltaica para la loza deportiva en la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Seleccionar los componentes que intervendrán en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para la loza deportiva en la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.
- Determinar la rentabilidad del dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para una loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M.
- Determinar si los niveles de iluminación de una instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en S.J.M. cumplen con los niveles de iluminación recomendados por la norma N° 017-AI-1/1982.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes

- **Alvarado (2015), realizo la tesis: *Diseño y Construcción de un Sistema de Iluminación Autosustentable Fotovoltaico para una Parada de Buses y su Valla Informativa del Sistema Integrado de Transporte de Cuenca, en la Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.***

Esta investigación trata sobre la implementación de un sistema de iluminación energizado a través de un sistema fotovoltaico autónomo para atender la demanda de unos paneles publicitarios, la cual concluye en las siguientes principales conclusiones:

- La iluminación con luminarias LED de alto brillo les permitio conseguir los índices de minimos de iluminancia (entre 50 a 80 luxes) según la norma del país de origen.
- Su investigación permitio desarrollar un prototipo de sistema de iluminación para paneles fotovoltaicos el cual puede ser aplicado en cualquier otro punto de la ciudad, por poseer las mismas condiciones meteorológicas.
- El polvo es el principal atenuante para la obtima captación de radiación solar a través de los paneles solares, por lo cual es importante disponer de un mantenimiento periódico al sistema.
- A través de la iluminación adecuada lograron mejorar estética y funcionalmente el espacio del panel publicitario, tal fue el impacto que la gente empezó a pasar mas tiempo en este lugar, aprovechándolo para usos tales como la lectura.

- En base a datos estadísticos pasados, se pudo determinar los niveles de irradiación solar para poder calcular en base al peor mes del año los niveles de energía que podrían generar para abastecer la demanda de iluminación de los paneles publicitarios, para lo cual disponen de 100W/m<sup>2</sup> durante 4 horas al día en el peor mes del año, que para esta zona es el de junio.
- **Guerrero, Ruvalcaba y Vásquez (2016), realizaron la tesis: *Propuesta de Alumbrado con Iluminación tipo LED y Paneles Fotovoltaicos “Estacionamiento de la DAE (Dirección de Administración Escolar) del I.P.N.”. México.***

Esta investigación trata sobre la comparación entre la luminaria actual de esta instalación y la propuesta de luminarias con tecnología LED energizada a través de paneles fotovoltaicos y así obtener una mejor eficiencia en la iluminación, la cual concluye en las siguientes principales conclusiones:

- Con el uso de luminarias LED de alta eficiencia se genera un ahorro considerable de energía eléctrica y este es mucho más alto si se logra complementar la iluminación con un sistema fotovoltaico para su alimentación.
- Los cálculos arrojaron un valor de iluminancia de 20.49 lx, lo cual es superior a los niveles normados en el país donde se realizó este estudio, esto significa que el proyecto es técnicamente eficiente.
- Recomiendan la importancia de mantener un adecuado mantenimiento en las zonas cercanas a los paneles fotovoltaicos, como la poda de las ramas de los árboles para evitar la interferencia en la captación de energía solar.

- **Freire (2013), realizó la tesis: *Alternativas de Iluminación para el Parque El Paraíso de la Ciudad de Cuenca*, en la Universidad de Cuenca, Ecuador.**

Esta investigación trata sobre el análisis de diversas tecnologías de iluminación entre LED, OLED, BIOLED y Plasma usando un sistema alternativo de energía como el fotovoltaico, la cual concluye en las siguientes principales conclusiones:

- El tipo de iluminación en estado sólido, por su mayor eficiencia y menor potencia representa la alternativa más eficiente de forma técnica y ecológica, dentro de este grupo la más eficiente es la iluminación con tecnología LED por sus mejores características y la posibilidad de usarse interna o externamente.
  - Las luminarias LEDs al ser de baja potencia, permiten ser energizadas por sistemas fotovoltaicos.
  - La utilización de sistemas fotovoltaicos permiten el cuidado del medio ambiente, el ahorro energético en las edificaciones y brinda cierta independencia a los sistemas donde se aplique.
- **Tello (2016), realizó la tesis: *Estudio Técnico y Económico de Utilización de Luz Solar para Iluminación de Cancha Deportiva Techada en la UTFSM*, en la Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.**

Esta investigación trata sobre el análisis de los parámetros técnicos y económicos de la implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico de una cancha deportiva, la cual concluye en las siguientes principales conclusiones:

- La evaluación técnica indica inadmisibilidad para luces de alto consumo, debido a la gran cantidad de paneles instalados, obteniendo un 35% de exceso acorde a las restricciones planteadas, mientras que las luces LED, permite la obtención de parámetros técnicos, considerando un consumo global de 45.766[Wh]. Adicionalmente el estudio económico para caso de alto consumo es irrealizable, dada las características de los parámetros técnicos, mientras que el caso LED señala un que no existe rentabilidad para un proyecto puro, mientras que para uno 50% financiado, se obtienen beneficios económicos para el inversionista.
- Las características del proyecto, señalan que para casos de alto consumo, la energía de requerimiento es alta, por consiguiente, se necesitan más de 1.000.000 de [Wh] solar, si se establecen 18 focos de 400[W] activo, generando inviabilidad técnica y económica si es que el espacio de instalación es limitado. En el caso de LED, la demanda se reduce considerablemente, permitiendo una reducción de más de 50% de luz solar, admitiendo utilidad para este tipo de energías.
- **Segovia, Palomino y Palacios (2015), realizaron la tesis: *Paneles Fotovoltaicos, como Suministro de Respaldo al Sistema de Distribución Eléctrica en la FIEE de la UNAC*, en la Universidad Nacional del Callao, Perú.**

Esta investigación trata sobre el estudio de un sistema fotovoltaico para usarse como suministro de apoyo en horas de alto consumo eléctrico, la cual concluye en las siguientes principales conclusiones:

- La implementación de un sistema fotovoltaico como suministro de respaldo para el consumo energético es una buena alternativa para reducir el consumo de energía eléctrica y aumentar la efectividad en momentos de cortes de energía.
- Los paneles fotovoltaicos son una alternativa para la generación de energía eléctrica que contribuye al cuidado del medio ambiente y no producen cambios drásticos en los espacios donde son instalados.

## 2.2 BASES TEORICAS

### 2.2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Hoy en día, la energía solar fotovoltaica tiene un futuro prometedor y ya es competitiva frente a otras fuentes de generación eléctrica convencionales, sus principales usos se dan en suministro de electricidad a comunidades alejadas de la red eléctrica convencional, bombeo de agua, señalización, alumbrado público, equipos de emergencia, etc.

Cierta cantidad de esta energía llega a nuestro planeta, el 51% aproximadamente llega a la superficie de la tierra, un 4% es reflejado por el suelo, un 19% es absorbido por las nubes, un 20% es reflejado por las nubes y un 6% de esta energía es reflejada por la atmósfera, tal como nos ilustra la Figura 2.



Figura 2: Porcentaje de la energía solar que llega a la superficie – recuperado de: [www.energeticafutura.com](http://www.energeticafutura.com) (2019)

Esta energía solar que llega a la superficie de la tierra puede ser aprovechada de tres maneras diferentes:

- a) **Fotovoltaica:** Es la transformación de la radiación solar en energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.
- b) **Térmica:** Es el aprovechamiento de la energía procedente del Sol para transferirla a un medio portador, comúnmente agua o aire, a través de colectores solares.
- c) **Pasiva:** Es el aprovechamiento de la luz solar para el diseño de espacio orientados a la dirección del sol para aprovechar la mayor parte del tiempo de la luz natural que nos brinda.

La energía solar fotovoltaica es la que aprovecha la energía solar, captándola a través de celdas o paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica para abastecer las necesidades de hogares, comercios o espacios públicos.

Alvarado (2015). La parte central de esta instalación solar son las celdas solares, estas son transductores que permiten la conversión de la luz del Sol en energía eléctrica “efecto fotovoltaico”.

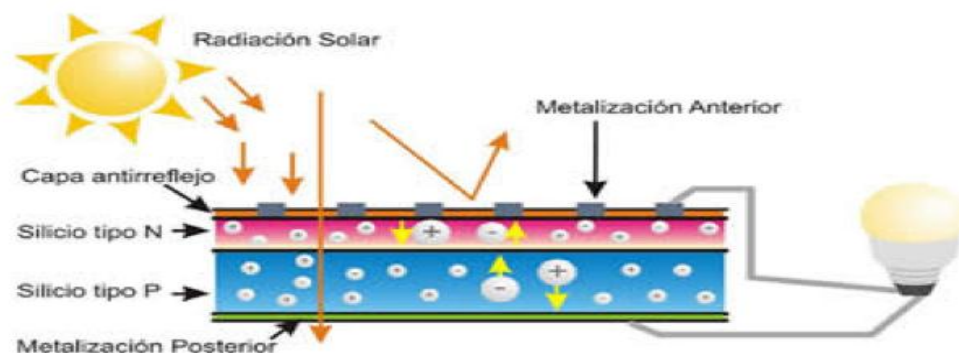


Figura 3: Efecto fotovoltaico – recuperado de: Ingeniería Electronica.org  
(2019)



La energía solar fotovoltaica la podemos agrupar en dos sistemas diferentes, los cuales son:

- a) **Sistema Fotovoltaico Autónomo:** Son aquellos que están aislados de la red eléctrica, quiere decir que es un sistema autosuficiente, el cual en ningún momento de su funcionamiento recibe suministro de la red eléctrica masiva. Como ejemplo tenemos las electrificaciones públicas rurales, sistemas de telecomunicaciones, etc.

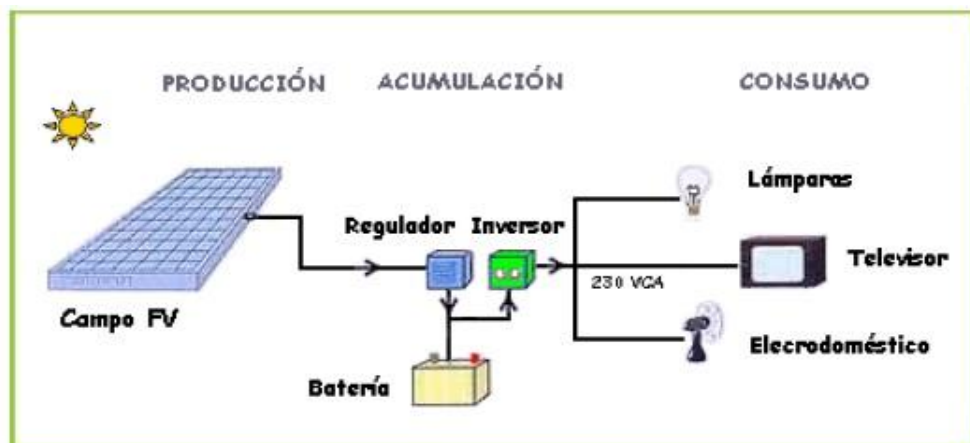


Figura 4: Esquema de un Sistema Fotovoltaico Autónomo – Alejandro Zitzer (2015)

- b) **Sistema Fotovoltaico conectado a la red:** Son aquellos que están conectados directamente a la red eléctrica masiva, en algunos lapsos de su funcionamiento trabaja como consumidos, quiere decir que cuando su generación y almacenamiento no sea suficiente para el suministro a las cargas que tenga conectadas, se apoya en la red eléctrica para poder abastecer la energía necesaria a las cargas. En otros lapsos de su funcionamiento puede operar como generador, esto quiere decir que cuando tenga totalmente abastecida sus cargas y tenga excesos de energía almacenada, esta puede ser liberada a la red

eléctrica y así convertirse en un apoyo y facturar por la energía aportada.

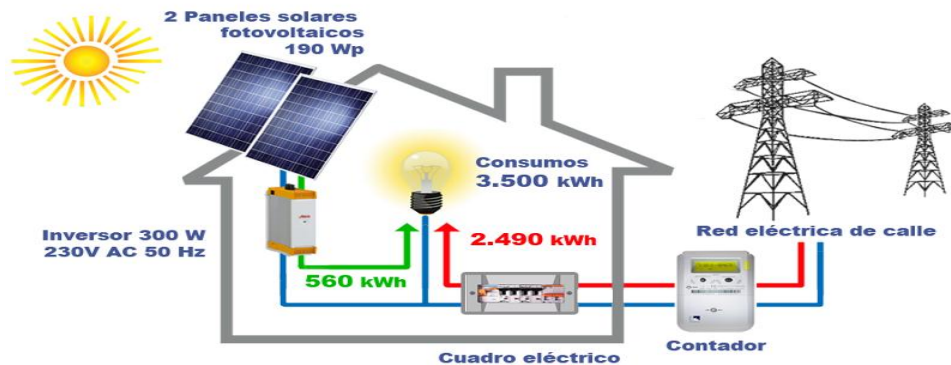


Figura 5: Sistema Fotovoltaico conectado a la Red – SANEA (2019)

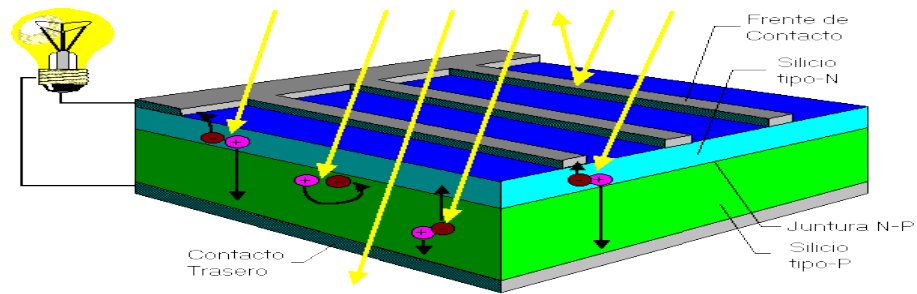
### 2.2.1.1 PANELES SOLARES

*Ensamble de módulos sujetos mecánicamente entre sí, prealambrados para formar una unidad independiente*<sup>1</sup>. Los paneles solares o también conocidos como celdas solares convierten la energía solar en electricidad, en estos dispositivos la luz incide sobre un material semiconductor de dos capas, la capa P y la capa N las cuales mayormente son de Silicio, carga positiva y negativa.

Segovia et al. (2015). Los módulos o paneles solares fotovoltaicos están conformados por un grupo de celdas solares interconectadas entre si protegidas contra la interperie, impactos y corrosión.

Al incidir la energía solar en forma de fotones sobre estas capas, genera el desprendimiento de un electrón de la última capa de valencia, lo cual origina el desplazamiento de cargas y por consiguiente una corriente eléctrica.

<sup>1</sup> Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006



**Figura 6: Universidad de Chile (2018) - Panel solar**

Un módulo fotovoltaico es un panel formador por un conjunto de células solares, que se encargan de convertir directamente en electricidad a los fotones que provienen de la luz del sol. La producción de corriente, depende de un factor, la irradiancia (nivel de iluminación), de modo que cuando más sea la luz captada, mayor será la intensidad eléctrica a través de la célula.

### 2.2.1.2 TIPOS DE PANELES SOLARES

- a) **Monocristalinos:** Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro. Numerosas fases de cristalización, para formar el monocristal. Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí.

Rendimiento en laboratorio: 24%

Rendimiento directo: 15-18%

- b) **Policristalinos:** Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro, pero a diferencia del monocristalino se reducen las fases del proceso de cristalización. Por lo tanto, es más económica su fabricación.

La superficie está estructurada en cristales, y a simple vista se distinguen tonos azules.

Rendimiento en laboratorio: 19-20%

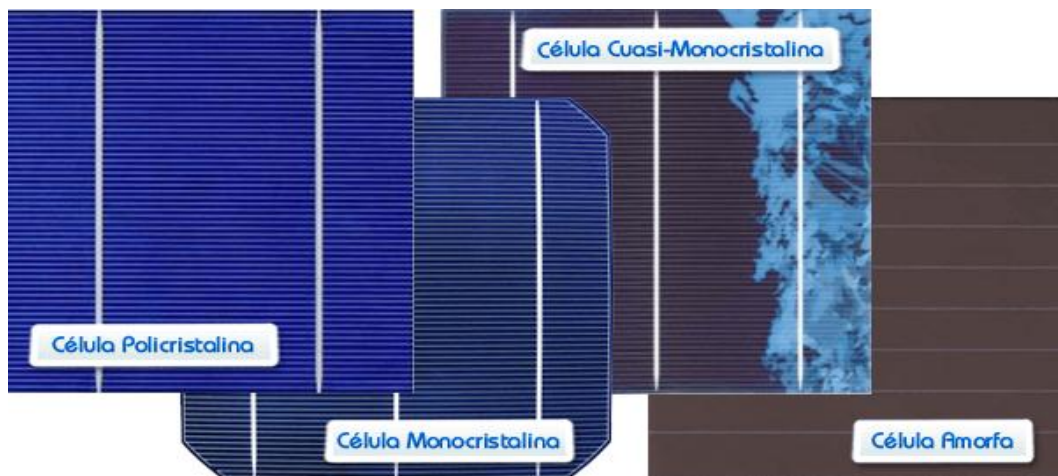
Rendimiento directo: 12-14%

- c) Amorfos:** Son fabricados mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo (no cristalino), sobre una superficie como vidrio o plástico. Es el modulo más económico en su fabricación. Posee un color homogéneo, pero no existe conexión visible entre las células.

Rendimiento en laboratorio: 16%

Rendimiento directo: <10%<sup>2</sup>

Como se puede apreciar, el panel solar monocristalino es el más eficiente, ya que con él se obtiene un mayor rendimiento.

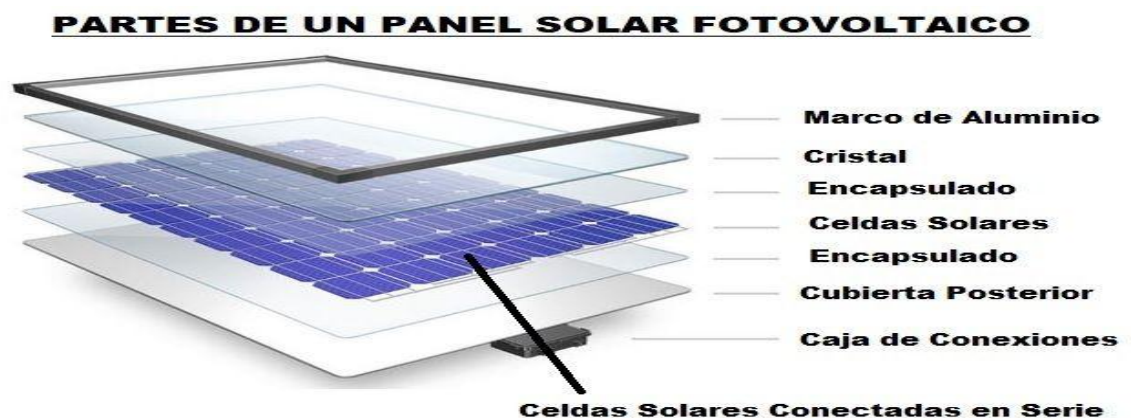


*Figura 7:* Tipos de Celdas Solares - Ernesto Rodríguez; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España)

<sup>2</sup> <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>

### 2.2.1.3 PARTES DE LOS PANELES SOLARES

- a) **Cubierta Exterior:** Da la cara al sol, es elaborada en vidrio por las empresas fabricantes de paneles solares y se encarga de facilitar la mayor transferencia posible de radiación solar. Debiendo ser altamente resistente y con bajo contenido de hierro.
- b) **Capa Encapsulante:** Elaborada a base de silicona, encapsula la radiación para evitar perdidas de este parámetro tan importante para la generación eléctrica. Debe contar con un índice de refracción igual o mayor al de la primera capa para mantener la radiación.
- c) **Celda Fotovoltaica:** Es la parte mas importante de los paneles solares, son fabricadas en cristal con revestimiento de silicio, para distribuir las En toda la dimensión del panel solar en varias agrupaciones. Las celdas mas usadas oscilan entre 3"x6" y 6"x6".
- d) **Plancha Base:** Es el componente principal del panel solar, comúnmente se fabrican en aluminio, aunque también se encuentran en vidrio con revestimiento de polímero termoplástico.
- e) **Cableado de Salida a Tierra:** Esta parte se protege de la intemperie, comunmente con cajas de protección.



*FIGURA 8:* Partes de un Panel Fotovoltaico (2019) - Ernesto Rodriguez;  
Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España)

#### **2.2.1.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES SOLARES**

Estos paneles solares están formados por muchas celdas solares, es importante no confundir estos dos términos, las celdas solares como se explicó anteriormente, son pequeñas células hechas de silicio cristalino y/o arseniuro de galio, que son materiales semiconductores, esto quiere decir que se puede comportar como conductores eléctricos o como aislantes eléctricos dependiendo del estado de polarización en que se encuentren. Generalmente los paneles solares que encontramos en el mercado están fabricados de silicio.

Estos dos materiales se mezclan con otros, como el boro o el fósforo con el propósito de darle una carga positiva y una carga negativa, es así como se logra que las celdas tengan las dos cargas y puedan generar una diferencia de potencial, lo que originaría una corriente eléctrica.

Núñez et al. (2013). Los parámetros básicos de un módulo fotovoltaico y, por lo tanto, de un panel o un arreglo fotovoltaico, son: Potencia eléctrica, voltaje de trabajo e intensidad de corriente.

En esta parte entra a tallar el efecto fotovoltaico, el cual se define como la transformación de la radiación solar en electricidad, a través de elementos semiconductores que tienen la propiedad específica de absorber fotones y emitir electrones.

Como sabemos, el elemento principal de la composición de la materia son los átomos, los que están conformados por dos partes principales que son los electrones y el núcleo atómico, con carga negativa y positiva respectivamente, formando en conjunto un sistema estable y eléctricamente neutro.

Los electrones de la última capa se denominan electrones de valencia y son estos los que interactúan con electrones de otros átomos para formar una red cristalina.

Electricamente hablando los materiales se dividen en tres tipos:

- a) **Conductores:** Presentan electrones en la capa de valencia que están poco ligados y tienen a moverse dentro de la red cristalina con la presencia de algún agente externo.
- b) **Semiconductores:** Los electrones de su capa de valencia están un poco más ligados al núcleo que en los conductores, pero con una pequeña cantidad de energía pueden desligarse y comportarse como conductores.
- c) **Aislantes:** Cuentan con una configuración muy estable y los electrones de su capa de valencia están demasiado ligados al núcleo, y esto ocasiona que para separarlos la energía empleada sea demasiado grande.

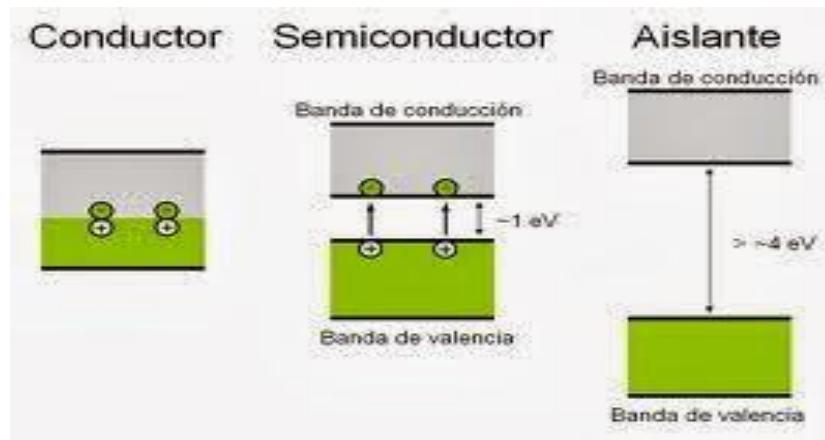


Figura 9: Tipos de materiales – Adrian Yopez (2013)

### 2.2.1.5 DETERMINACION DE LA INCLINACION

Segovia et al. (2015). Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre los módulos, al menos en las horas centrales del día.

Para que un panel solar logre captar de manera optima la mayor cantidad de energía solar es muy importante que se encuentre bien orientados y en la dirección adecuada acorde a la temporada en que se encuentre y la latitud del lugar.

Como sabemos la latitud  $0^\circ$  en la cual se encuentra la línea ecuatorial que es por donde transita el sol, es por ello que si nos ubicamos en el hemisferio norte debemos direccionar los paneles solares hacia el sur y si nos encontramos en el hemisferio sur debemos direccionar los paneles solar hacia el norte.

El grado de inclinación dependerá de la latitud en la cual nos encontremos. Según la tabla 1.

<b>Latitud del Lugar (en grados)</b>	<b>Angulo de inclinación fijo</b>
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud mas 5°
30° a 35°	Latitud mas 10°
35° a 40°	Latitud mas 15°
40° a mas	Latitud mas 20°

*Tabla 1: Inclinacion según la latitud*



La inclinación de los paneles fotovoltaico se determina a travez de dos angulos principales:

- a) **Angulo Azimutal de la Superficie ( $\delta$ ):** Es el angulo de la proyección normal entre la superficie horizontal y la dirección Sur-Norte (para localizaciones en el hemisferio Norte) o Norte-Sur (para localizaciones en el hemisferio Sur).
  
- b) **Inclinacion ( $\beta$ ):** Es el angulo entre el plano de la superficie a considerar para el panel solar y la horizontal. La máxima captación de los sistemas solares con estructura base y orientación fija, se logra colocando los modulos dirigidos hacia el Sur en caso del hemisferio Norte y dirigidos hacia el Norte en el caso del hemisferio Sur ( $\delta = 0$ ). Esta configuración permite el balanceo entre las posibilidades de captación entre las mañanas y las tardes si se suponer características similares de irradiación. De igual forma se recalca que se puede provocar una perdidas minimas alrededor del 1% si se considera una variación del azimutal de hasta  $30^\circ$ .

Con la orientación ( $\delta = 0$ ), la máxima captación promedio anual se da inclinando los paneles solares en un angulo igual a la latidu de la región en que se instalan. Las variaciones en la inclinación de  $\pm 15^\circ$  respecto al angulo optimo produce una reducción aproximada del 2.5% en la capacidad de captación del panel solar.

Por las tardes, cuando llega ligera nubosidad al ambiente, es recomendable darle una orientación hacia el Este ( $\delta = -75^\circ$ ), con una inclinación mayor a la acostumbrada, osea mayor a la latitud, dado que esto provoca que no se alcance el máximo de captación solar con el azimutal =  $0^\circ$ , si no con una ligera orientación hacia el Este.

Adicionalmente es recomendable una inclinación de  $10^\circ$  como mínimo para poder despejar el agua de las lluvias y dar facilidades para el mantenimiento de los paneles solares. Siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ( $\delta = 0$ ,  $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$ ).

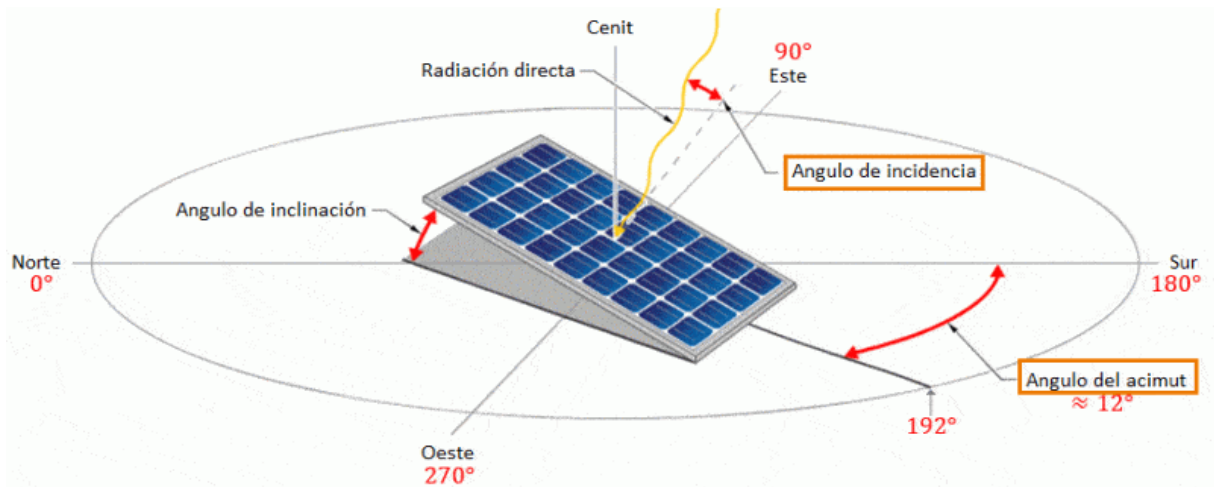


Figura 10: Inclinación del panel solar - Ernesto Rodríguez; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España)

## 2.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En breve se describe los componentes que debe tener un sistema fotovoltaico, así como las especificaciones técnicas y consideraciones que se deben de tener en cuenta al momento de seleccionar estos componentes para poder tener un sistema fotovoltaico óptimo, eficiente y confiable.

### 2.2.2.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

Se conforman de uno o más módulos fotovoltaicos (paneles) interconectados entre sí en serie o paralelo para formar una unidad

generadora, los cuales preferiblemente deben cumplir con normas internacionales tales como:

- a) **IEC 61215:** Evalua las características mecánicas y eléctricas de los paneles solares cristalinos de silicio.
- b) **IEC 61730:** Evalua la conformidad con los requerimientos de seguridad para paneles fotovoltaicos.
- c) **IEC 61701:** Prueba la resistencia a la corrosión por nieblas salinas, recomendado para instalaciones cercanas a la costa.

Y también la normativa nacional N.T.E. EM080 (Norma Técnica de Edificación EM080 Instalaciones con Energía Solar) para instalaciones de paneles fotovoltaicos, la cual es de aplicación obligatoria a nivel nacional y nos describe las especificaciones técnicas y procesos constructivos básicos que deben cumplir las viviendas y/o instalaciones donde se implementaran sistemas fotovoltaicos y termosolares.

Los paneles fotovoltaicos tienen un tiempo de vida aproximado de 25 años, por lo cual estos equipos acompañaran al usuario un largo periodo, por lo cual la inversión en estas instalaciones no se vera reflejada hasta una cierta cantidad de años, para que después se logren ganancias.

Por lo general las fallas en sistemas fotovoltaicos no ocurren en los generadores (paneles), normalmente las fallas se originan en otras partes de la instalaciones, como en las baterías, conductores, inversores, etc., lo que hace que los paneles fotovoltaicos sean un elemento de mayor confiabilidad dentro del sistema.

### 2.2.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Para el dimensionamiento de los paneles fotovoltaico, lo principal es asegurarnos que la energía producida en el peor mes del año, pueda como mimino, igual a la energía requerida para brindar la autonomía en días y horas que se necesita para mantener el funcionamiento de las cargas que vamos a energizar con nuestro sistema fotovoltaico, por esto es necesario conocer las cargas que vamos a conectar, la potencia nominal de cada una (P), el numero de aparatos de determinado tipo (n), el numero de horas diarias de funcionamiento (t), el consumo diario (Cd), medido en Wh/dia.

Para cada tipo de carga, el consumo diario (Cd) se calcula de la siguiente forma:

$$Cd = P \cdot n \cdot t \dots \dots \dots (1)$$

La sumatoria de los consumos diarios de todas las cargas de determinado tipo, a partir de la ecuación (1), conforma el consumo energético teorico (Et) en Wh. A partir de este valor se calcula el consumo energético real (E), en Wh, el cual es el consumo afectado por todas las perdidas a considerar.

$$E = \frac{\sum Et}{R} \dots \dots \dots (2)$$

La letra R, hace mención al rendimiento total del sistema fotovoltaico, y se define de la siguiente manera:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \left(1 - \frac{K_a N}{P_d}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

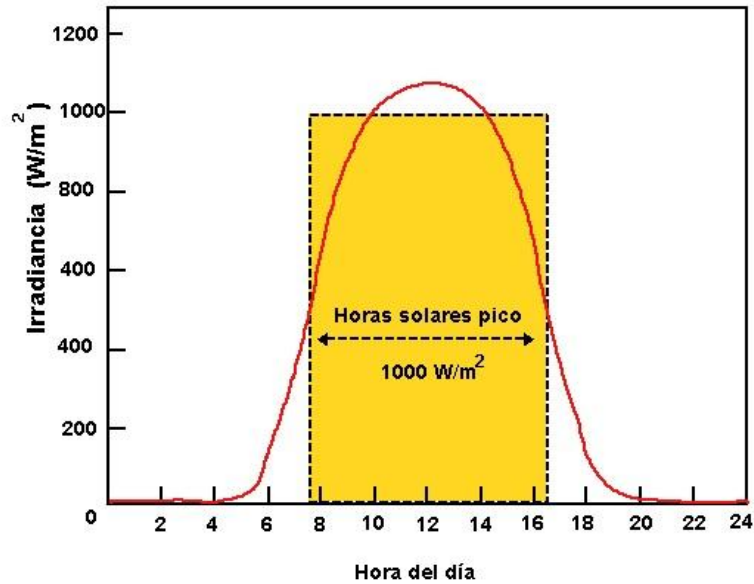
- $K_b$ : Coeficiente de perdidas por el rendimiento del acumulador (baterías):  
0.05 en sistemas donde no se producen descargas intensas.  
0.1 en sistemas donde se producen descargas profundas.
- $K_c$ : Coeficiente de perdidas en el inversor:  
0.005 para inversores de salida senoidal pura en condiciones optimas.  
0.1 para condiciones de trabajo lejos de las optimas
- $K_v$ : Coeficiente de perdidas varias (transmisión, efecto joule, etc.),  
( $0.05 < K_v < 0.15$ ).
- $K_a$ : Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías:  
0.002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd).  
0.005 para baterías estacionarias de plomo acido (mas usuales).  
0.012 para baterías de alta autodescarga (SLI).
- N: Dias de autonomía de la instalación.
- $P_d$ : Profundidad de descarga, no deberá exceder el 80% de la capacidad de almacenamiento de las baterías.

La radiación solar solar diaria (H) es una variable muy importante, la cual debemos de conocer, esta tiene como unidad de medida Wh/m<sup>2</sup>/dia. Esta estimación la podemos conocer según datos estadísticos históricos de la radiación solar diaria, que es un dato que diferentes servicios metereologicos nos pueden brindar, o algunas investigaciones previas sobre estos datos referente a la zona de trabajo. Segovia (2015).

Otra variable importante a conceptualizar es numero de horas pico solares (HPS), la cual es muy importante a la hora de dimensionar un panel solar, la cual e suna unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie que se recibirá con una

hipotética irradiancia solar constante de  $I = 1 \text{ Kw/m}^2$ , esta es una unidad que siempre se mide para la potencia de los paneles solares.

En la Figura 11 se muestra una curva diaria de irradiancia solar, el área del rectángulo definida a partir de las horas pico solares es igual al área bajo la curva horaria de irradiancia real.



**Figura 11:** Irradiancia vs HPS – Blas Coyago (2014)

La irradiación  $H$  ( $\text{kWh/m}^2$ ), es equivalente al producto de la irradiancia referencial ( $I$ ) y las horas pico solares (HPS). Se sabe que  $I = 1 \text{ kWh/m}^2$ , entonces se tiene que los valores numéricos de irradiación y las horas pico solares son iguales.

$$H \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] = I \left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right] \text{HPS}[\text{h}] \dots \dots \dots (4)$$

Podemos decir que la energía producida por el panel solar durante todo el día es igual a la energía que se produciría en las horas pico solares (HPS), si el panel solar opera a su potencia máxima o potencia nominal ( $W_p$ ). Este parámetro de potencia es el principal descripción

para el funcionamiento del panel solar y la mas importante especificación para su dimensionamiento.

La cantidad de paneles solares necesarios ( $N_p$ ) se calcula con el numero de horas pico solares (HPS)del mes mas desfavorable del año y la potencia pico del panel solar seleccionado:

$$N_p = \frac{E}{0.9 W_p (HPS)} \dots \dots \dots (5)$$

Otra factor a considerar son las perdidas, estas se pueden dar debido a sombras, temperaturas en celdas superiores a 25°C, perdidas en los conductores eléctricos, diferencias significativas entre el voltaje de operación y el punto de máxima potencia.

Hay diferentes tipos de perdidas en los sistemas fotovoltaicos a considerar, el mas común de ellos es el polvo y la suciedad, lo que perjudica en la libre captación de radiación solar, por lo cual es recomendable establecer una programación para el mantenimiento y limpieza de la instalación fotovoltaica. Es necesario que se realice una adecuada y minuciosa instalación que permita la adecuada ventilación del sistema fotovoltaico y cables.

Ademas debe buscarse que las características de los paneles fotovoltaicos permitan una adecuada recarga de las baterías considerando las condiciones climáticas particulares de la zona de instalación.

El sistema fotovoltaico debe estar libre de sombras por lo menos 8 horas diarias, tomando como margen central el mediodía, y a lo largo de todo el año.

La tensión del punto de máxima potencia del sistema fotovoltaico a una temperatura ambiente igual a la máxima anual del lugar y a una irradiancia de 800W/m<sup>2</sup>, debe estar comprendida en el rango de 14.5 a 15V, cumpliendo esto se asegura que la corriente del sistema fotovoltaico sea mayor que la corriente en el punto de máxima potencia la mayor parte del tiempo, siempre que se cumpla con los requisitos de caída de tensión en los cables y en el regulador de carga. Si el rango de voltajes de operación del generador se encuentra generalmente por debajo de estos límites, es posible que las baterías no cargen adecuadamente.

### **2.2.2.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE**

Según la NORMA EM.80 (Norma técnica en edificaciones – instalaciones con energía solar), nos detalla lo siguiente:

- Si el montaje se hace sobre la cobertura o tejado, las estructuras de soporte no deberán fijarse a las tejas o a las calaminas, sino a las vigas y otro elemento de la estructura de la vivienda.
- La estructura del techo o marco de soporte así como el anclaje de los paneles deben ser lo suficientemente fuertes para soportar las cargas extras como las del viento (especialmente en áreas donde se dan ventiscas o tormentas). Como el panel es rectangular, la mínima fuerza de palanca ejercida por el viento se tiene cuando el lado más largo es paralelo a la superficie de montaje (suelo o techo).
- En caso de utilizarse estructuras metálicas, estas deberán pintarse con esmalte anticorrosivo no contaminante para



proteger la integridad del panel fotovoltaico. Si se quiere utilizar angulos de acero galvanizados y no vive cerca del mar (aire salino) puede usar ferreteria de acero. En todos los casos se deberán sellar adecuadamente las perforaciones hechas en las azoteas para no perjudicar la impermeabilización del mismo.

- Si se ubica una estructura de soporte sobre el techo, considere una separación adecuada entre los paneles y el techo, para facilitar su ventilación. Esta recomendación es muy importante si el techo es metalico. Para techos que no son planos, el angulo de inclinación del soporte debe incluir el del techo. Si vive en la montaña y nieva considerablemente, el sostén debe tener una alatura superir al máximo previsto para la acumulación de nieve, para evitar el sombreado de las células. En estos lugares, coloque el lado mas corto del panel fotovoltaico paralelo al suelo, a fin de que la nieve resvale al calentarse el mismo.
- Debe tomarse en cuenta que el calculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de modulos permita las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los paneles fotovoltaicos.
- El diseño de las estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los modulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexcion.<sup>3</sup>

Para el diseño del soporte de paneles fotovoltaicos pueden emplearse varios materiales estructurales, por ejemplo: alumino, hierro galvanizado, acero inoxidable, madera tratada, etc.

---

<sup>3</sup> Ministerio de Energia y Minas. La Norma EM.080. Instalacion con Energia Solar. Ing. Carlos Orbezo Reto. Direccion General de Electricidad. 2010.

Esta estructura deberá estar diseñada para soportar vientos de altas velocidades (70km/h), dado que la estructura a soportar es de forma rectangular y esto implica en la facilidad de que la fuerza que ejerce el viento sobre esta provoque una palanca, es por esto que es importante diseñar una estructura que soporte tales fuerzas. Y adicional a esto la estructura deberá tener un mínimo de resistencia de 10 años a la interperie, por lo cual se puede tomar como referencia las normas NEMA.

Existen estructuras estáticas y de seguimiento, es preferible usar las del primer tipo, dado que nos brindan mas resistencia por el hecho de no contar con articulaciones fijas. Adicional a este punto, también la estructura deberá dar facilidades para la limpieza y mantenimiento de los paneles fotovoltaicos y la inspección a los demás componentes. También debe preservar su resistencia a la fatiga corrosión y efectos del viento.

#### **2.2.2.4 SISTEMA DE BATERIAS PARA ALMACENAMIENTO**

Freire (2013). Las baterías pueden ser consideradas el punto mas débil de todo el sistema, ya que representan gran parte de la inversión, pero, tienen frecuentemente la vida mas corta de toda la instalación.

Las baterías en el sistema fotovoltaico conforman el subsistema de almacenamiento, el que tiene como función almacenar la energía durante las horas de mayor radiación solar para poder utilizarlas por la noche, o en el momento que se requiera.

Las baterías también pueden proveer una intensidad de corriente superior a las que pueden ofrecer un panel fotovoltaico en funcionamiento, este seria el caso si se utilizan varios aparatos eléctricos al mismo tiempo.

Las baterías normalmente son de plomo-acido, un parámetro importante para las baterías de un sistema fotovoltaico es el ciclado, lo cual se refiere al ciclo de carga de las baterías, en el día se carga la batería para posteriormente descargarse en horas de la noche y también esta presente el ciclo estacional, el cual se da cuando la insidencia de radiación solar es reducida en ciertos periodos. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura del ambiente, corriente, etc., inciden en la vida útil de la batería y sus repercusiones en el mantenimiento. Para conservar las baterías se debe evitar las siguientes condiciones:

- Elevadas temperaturas y humedad que ocasiona el deterioro prematuro de las baterías.
- Nivel del electrolito en baterías estacionarias con mantenimiento.
- Elevada tensión de carga, que eleva la corrosión y pérdida de agua.
- No dimensionar adecuadamente las baterías, para no tener una batería que no cumpla con los requisitos minimos de nuestra instalación.
- Largos periodos sin recarga total.
- Descargas profundas, bajos voltajes en la descarga y bajas corrientes en la carga.

Una batería para sistema fotovoltaico esta compuesta internamente por acumuladores de 2V integrados en el mismo elemento, tiene corriente continua a 6, 13, 24 o 48 V. El acumulador es la celda de almacenamiento de energía a travez de procesos electroquímicos. Por ejemplo si hablamos de una batería de 12V, estamos hablando de una serie de 6 celdas de plomo-acido de 2V cada una de ellas.

Existen dos clases de baterías las cuales detallamos a continuación:

- a) **Bateria de Ciclo Bajo:** Su diseño esta pensado para suplir una cantidad de corriente por un corto periodo de tiempo y soportar pequeñas sobre cargas sin perder electrolitos, como en el caso de las baterías de autos. La desventaja de estas baterías es que no soportan descargas profundas, esto quiere decir que si son descargadas por debajo del 20% se acorta su vida útil. Por lo tanto no son una buena elección para sistemas solares fotovoltaicos.
- b) **Bateria de Ciclo Profundo:** Este tipo de batería esta diseñada para ser descargada repetidamente hasta un 80% de su capacidad de almacenamiento. Este característica permite considerarla como la mejor opción para sistemas de energía fotovoltaico.

Otro factor importante a la hora de elegir una batería para sistema fotovoltaico es la capacidad, y este parámetro se relaciona a la cantidad de energía eléctrica en amperios (A) que se puede obtener de una descarga completa de la batería cuando esta tiene un estado de carga total.

Otro parámetro importante es la eficiencia de carga, que es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la energía que realmente almacena. Mientras mas cercana al 100% es mejor.

Tambien tenemos que tener en consideración la profundidad de descarga, la cual es la cantidad de energía que se obtiene durante una descarga estando en carga total (%). Y la autodescarga, que es el proceso de una batería que sin estar en uso tiende a descargarse.

La vida útil de una batería para sistemas fotovoltaico gira alrededor de los 10 años, pero si se opera con descargas frecuentes de forma profunda, mayor al 50%, su tiempo de vida útil cae considerablemente.

En todo caso, es conveniente instalar la capacidad suficiente para que no se supere el 50% de la descarga.

La temperatura, es otro factor a tener en cuenta, dado que si esta se mantiene entre 20 a 25°C la vida útil de la batería estará en los 10 años aproximadamente, pero si esta varia en 10°C, la vida útil de la batería puede reducirse hasta la mitad.

Con el fin de poder analizar diferentes tipos de baterías, se a ideado la prueba que determina la corriente de descarga máxima a tal nivel que se a estandarizado en la industria.

La cottiente máxima corresponde al valor de corriente que permite una descarga continua de 20 horas, al cabo de la cual la energía remanente representa el 20% de la potencia máxima inicial.

Los parámetros utilizados en esta prueba son la corriente y el tiempo, la capacidad de la batería se termina definiendo en Ampere-horas (Ah), y es con este valor que puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Debido a la necesidad de evitar descargas excesivas, debe limitarse a la máxima profundidad de descarga (PDmax) a un valor específico, generalmente esta entre 0.3 y 0.6 de la capacidad nominal. Al llegar a este limite, debe interrumpirse el suministro de energía a las cargas. La capacidad disponible  $C_u$ , es menor que la capacidad nominal  $C_b$  (carga total que podría extraerse de la batería) y se tiene lo siguiente:

$$C_u = C_b P_{dmax} \dots \dots \dots (6)$$

- $C_u$ : Capacidad disponible
- $C_b$ : Capacidad nominal

- P<sub>dmax</sub>: Profundidad de descarga ( 0.3 a 0.6)
- P<sub>Dd</sub>: Profundidad de descarga de la batería en un ciclo diario

#### 2.2.2.5 TIPOS DE BATERIAS

##### a) SLI:

Este tipo de batería son las que comúnmente se utilizan en automóviles, SLI significa arranque, iluminación e ignición, o su equivalente en inglés Starting, light Ignition. Tiene como principal ventaja el factor económico, dado que son las más baratas que existen en el mercado, su gran producción es local por lo tanto se encuentra disponible en los mercados. y esto es atractivo en lo económico y social, otra ventaja es el reciclado de las baterías usadas, lo cual ayuda a preservar el medio ambiente.

Una de las principales desventajas de este tipo de baterías es su corto tiempo de vida.

La batería SLI de uso automotriz se diseña pensando en que esta entregara altas corrientes durante periodos muy cortos de tiempo para poder asegurar el arranque del vehiculo cuando la temperatura ambiente es baja (disminuye la actividad química), y estan poco acostumbrados a suministrar corrientes bajas durante largos periodos de tiempo antes de ser recargados de nuevo, como es el requerimiento de los sistemas fotovoltaicos, estas baterías entregan una corriente pico cercana a los 1000A durante un periodo de tiempo de tres segundos y tiene asegurada una recarga inmediata continua mientras el automóvil permanezca encendido, esto significa que los regímenes de carga son muy distintos a los de los sistemas fotovoltaicos.

Entonces tenemos que utilizar baterías de capacidad mas grande ( $PDD \leq 0.1$ ) y densidad del electrolito menor a la que se utilizaría normalmente (1.24 en lugar de 1.28 g/cl), con esto se asegura la reducción de la corrosión y la prolongación de la vida útil de las baterías.

Las baterías tipo SLI utilizan aleaciones de plomo y antimonio en las rejillas, y esto hace que requieran frecuentemente ser rellenadas con agua destilada. Las celdas de las baterías para sistemas fotovoltaicos tienen una mayor cantidad de material activo por unidad de volumen para alargar su tiempo de vida útil. Este incremento explica el costo de las baterías diseñadas para los sistemas fotovoltaicos.

**b) SLI modificada:**

Esta batería es la del tipo SLI pero sometida a un procedimiento el cual le permite alargar su tiempo de vida útil sin alterar su funcionamiento. Las modificaciones realizadas internamente constan de introducir placas mas gruesas y una mayor cantidad de electrolito en el espacio sobre las placas. En los mercados podemos encontrarlas con el nombre de SLI modificada o baterías solares, este tipo de batería es una buena alternativa para el diseño de sistemas fotovoltaicos y su empleo, debe preferirse este tipo de baterías en lugar de la SLI convencional.

**c) SLI bajo mantenimiento:**

Estas baterías son las normalmente conocidas como libres de mantenimiento, fabricadas con aleaciones de plomo y calcio en las rejillas. El calcio incrementa el voltaje al que se inicia el gaseo, reduciendo así la cantidad de agua que se consume en la batería, pero reduce la cohesión del material activo de las placas y la

resistencia al ciclado de la batería. Estas baterías son muy susceptibles a daños por descargas profundas y están sujetas a deterioros importantes por cambios de temperatura.

Por estas razones no es recomendable utilizar este tipo de baterías en aplicaciones de sistemas fotovoltaicos en países calidos.

**d) VRLA:**

Esta batería es otra del tipo libre de mantenimiento, es de acido-plomo, esto quiere decir que es recargable. Debido a su fabricación no requiere de ventilación y se puede montar en cualquier horientacion, excepto con los bornes hacia abajo. No presisa de un mantenimiento constante.

VRLA (Valve Regulated Lead Acid) son para aplicaciones profesionales utilizando electrolito gelatinoso. Los gases generados en cada ciclado pueden ser parcial o totalmente recombinados, lo que permite que la caja de la batería sea hermética y esto la hace mas resistente a las descargas profundas. Poseen una valvula de seguridad que funciona como un cortocircuito externo en condiciones de emergencia. Su precio es elevado a comparación con las SLI, pero en los últimos años se a incrementado su uso debido a las numerosas ventajas que ofrece para los sitemas fotovoltaicos, lo que repercute en su notable incremento en el mercado.

**e) AGM:**

Conocidas como baterías electrolito absorbido, o baterías secas, y sus siglas vienen de la descripción en ingles Absortio Glass Mat. Cuentan con un separador entre placas hechos de una fibrosa de silicio y boro de apariencia vitrosa. El electrolito reducido en masa gelatinosa, forma parte del conglomerado.



Usan un electrolito de ácido y agua con un grado de saturación menor al electrolito líquido. Tienen como principales ventajas que toleran más abuso que las demás baterías herméticas, debido a que tienen un grado de recombinación de los gases de carga algo superior al 99%; tiene un autodescarga menor al 3% mensual; pueden recargarse al 100% aun después de ser descargadas completamente; dejan escapar solamente el 4% o menos del total de gases de carga; no requieren ningún mantenimiento y poseen mejor resistencia a temperaturas ambientales bajas; abaratan los costos de transporte dado que no son consideradas como sustancias peligrosas.

**f) Tubulares:**

Este tipo de baterías proporciona un alto rendimiento, larga vida útil y bajos costos de mantenimiento, lo que las convierte en la mejor opción de calidad para uso en sistemas fotovoltaicos.

Estas baterías están fabricadas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Se puede alcanzar vida útil por encima de los 8 años, con un PDD = 0.2 y frecuencia de mantenimiento alrededor de 1 y 2 veces al año.

La principal desventaja que presentan es que no aceptan fácilmente regímenes de carga muy bajo, además, en el aspecto económico son caras y por ende no nos asegura su disponibilidad en los mercados nacionales.

Esta batería requiere un mayor tiempo de carga.

**g) NiCd:**

Las baterías de níquel-cadmio (abreviado NiCd) es una batería recargable de uso doméstico e industrial. En los últimos tiempos su

uso a disminuido debido al efecto memoria que posee y al cadmio que es un elemento muy contaminante.

Este tipo de batería usa un diseño conocido como “placas de bolsillos”. Las placas son de acero inoxidable con depresiones donde se coloca el material activo. El electrolito que se usa en este caso es una solución de agua con hidróxido de potasio con una fina capa de aceite en la superficie, que evita la oxidación por el oxígeno del ambiente.

Entre las ventajas que tienen esta la de soportar cargas y descargas excesivas sin dañarse; mayor eficiencia a altas y bajas temperaturas, pueden operar con temperaturas variables y una alta humedad ambiental, lo que significa que son optimas para climas tropicales; no presenta sulfatación de placas o congelación de electrolito; la autodescarga, inicialmente es elevada pero disminuye con el tiempo permitiendo prolongados periodos de almacenamiento y su vida útil puede llegar a ser hasta dos veces mayor que la de una baateria solar de plomo acido de la misma capacidad.

La desventajas que presentan son la descarga, debido a que el voltaje de la batería permanece prácticamente constante durante la descarga, hasta que cae súbitamente cuando esta apunto de acabarse su capacidad de almacenaje y no brinda un previo aviso. Para poder determinar los limites de carga de esta batería, se requiere de un voltmetro de gran sensibilidad, debido a la diferenciade voltaje de la batería cargada y descargada es muy pequeña. El bajo voltaje por cada celda requiere de la colocación de un numero mayor de estas para lograr voltajes cercanos a los 12V.

#### **2.2.2.6 DIMENSIONAMIENTO DE BATERIAS**

La primera etapa en el dimensionamiento de las baterías, consite en asegurar que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes. Para lograr esto, la capacidad útil de la batería (capacidad

nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir entre 3 y 5 días de autonomía (días que el sistema puede suministrar energía en ausencia de radiación solar usando solo las baterías. Segovia (2015).

Esto significa que este intervalo de días el sistema puede suministrar energía ante la falta de radiación solar, utilizando solo las baterías, claro que esto es teórico, debido que aunque un día este totalmente nublado, siempre hay una insidencia de radiación solar aprovechable, por mas minima que sea.

No existe un procedimiento ampliamente aceptado en la comunidad científica para la selección de baterías para sistemas fotovoltaicos, y esto puede seguir así por algunos años más.

En la práctica podemos decir que apejándonos a las normas existentes y bien establecidas para usos convencionales de las baterías, esto significa utilizar valores de descarga en 20 horas y el número de ciclos correspondiente a una profundidad de descarga de 50%.

La siguiente ecuación sirve para calcular la capacidad del banco de baterías  $C$  (kAh), tomando como referencia el consumo energético real  $E$ , el cual calculamos en la ecuación número 2, los días de autonomía  $N$ , la tensión nominal del acumulador  $V$  (normalmente 12V) y la profundidad de descarga permitida  $P_d$ .

$$C = \frac{EN}{CP_d} \dots \dots \dots (7)$$

Obteniendo este parámetro, podemos calcular el número total de baterías requeridas ( $N_b$ ), tomando como base la capacidad de la batería seleccionada ( $C_{bat}$ ) en kWh.

$$N_b = \frac{C}{C_{bat}} \dots \dots \dots (8)$$

La máxima profundidad de descarga, PdMAX, referida a la capacidad nominal de la batería en 20 horas, no debe exceder los siguientes valores propuestos en la tabla 2.

Tipo de Batería	PD (%)	
	Obligatorio	Recomendado
<b>Tubular</b>	80	70
<b>SLI:</b>		
Clasica	50	30
Modificada	60	40
Bajo mantenimiento	30	20

Tabla 2: Valores de Descarga Maxima Porcentual Permitida.

La capacidad útil de la batería, Cu, la capacidad nominal es de 20 horas, como definimos anteriormente, multiplicada por la máxima profundidad de descarga, esto deberá permitir entre tres y cinco días de autonomía.

La capacidad útil de la batería Cu, debe también tomar en cuenta las condiciones meteorológicas de la zona de la instalación, cuando mas grande sea la cantidad de días nublados esperados, mas grande deberá ser el valor de Cu.

Todos los valores de capacidad recomendados corresponden a descargas en 20 horas, si se trabajo con otros regímenes de descarga, pueden emplearse las siguientes relaciones empíricas:

$$\frac{C_{100}}{C_{20}} = 1.25 \ ; \ \frac{C_{40}}{C_{20}} = 1.14 \dots \dots \dots (9)$$

Si en el campo no se respeta las instrucciones de carga inicial, esta tecnología de baterías sería desaprovechada, por lo tanto se deben hacer las provisiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías no este significativamente por debajo de los valores nominales. El personal técnico de instalación de las baterías deberá tener los equipos necesarios para cargarlas y estar capacitado para controlar y realizar las cargas iniciales.

En referencia a la resistencia de la batería, deben cumplirse las siguientes especificaciones:

La vida de la batería, quiere decir que antes de que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal, a 20°C, debe exceder un cierto numero de ciclos, NOC, cuando se descarge hasta una profundidad del 50%. En la tabla 3 se dan los valores NOC para cada tipo de batería a auto descarga de la batería a 25°C, no debe exceder el 6% de su capacidad nominal en un mes.

Por ultimo la batería deberá colocarse en un lugar ventilado y de fácil acceso pero restringido. Esto quiere decir que se tenga libre acceso para la limpieza de los terminales de la batería, verificación del electrolito, el relleno de agua y el reemplazo de fusibles deben poder realizarse sin mover las baterías.

<b>Tipo de Bateria</b>	<b>NOC</b>
<b>Tubular</b>	500
<b>SLI:</b>	
Clasica	200
Modificada	200
Bajo mantenimiento	300

*Tabla 3:* Numero de Ciclos Requeridos Antes de una Descarga del 50%

## **2.2.2.7 REGULADOR DE CARGA**

### **a) Concepto General**

Se entiende que la función del regulador de carga es la de prevenir descargas y sobrecargas de la batería, proteger las cargas en condiciones extremas de operación y brindar información del estado del sistema de almacenamiento al usuario.

Este regulador de carga se instala entre los paneles fotovoltaicos y el banco de baterías, se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos.

La mayor parte de los reguladores permiten que, inicialmente, toda la corriente proporcionada por el generador fotovoltaico pase hacia la batería. Después, cuando la batería está cerca de la plena carga, suministrará corrientes intermitentes, para mantener la batería en su estado de flotación. Freire (2013).

El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad de Corriente (I) y el Voltaje (V) que se les inyecta a las baterías. Este flujo depende del estado de la carga de las baterías y de la energía generada por los paneles fotovoltaicos.

El regulador de carga solar controla constantemente el estado de la carga para hacer el llenado óptimo y así alargar la vida útil de las baterías.

### **b) Limite de Carga**

Para evitar descargas profundas en las baterías que ocasionen daños a las mismas y al sistema, el suministro de energía a las cargas se interrumpe cuando el voltaje de las baterías cae por debajo de cierto límite conocido como “voltaje de desconexión de carga”. El suministro no se reanuda hasta que la batería alcance otro límite superior

llamado como “voltaje de reconexión de carga”. Las normas no son muy claras en lo referente a valores recomendables de dichos umbrales de voltaje. Esto es debido a que el comportamiento eléctrico de las baterías es muy diverso, en general depende del diseño, del proceso de fabricación y además de la edad de la misma batería.

La selección del voltaje de desconexión representa un compromiso de satisfacción de los usuarios por la disponibilidad de energía, y la protección de las cargas, baterías y los demás componentes del sistema fotovoltaico. Los voltajes de conexión y reconexión de carga deben adaptarse a cada tipo de batería. No es posible establecer una relación universal entre voltaje y estado de la carga en las baterías, debido a que estos varían dependiendo de las características de la misma.

Aunque esta idea de voltajes universales se ha empleado en numerosos programas de electrificación fotovoltaica, su uso no es recomendado. Teniendo en cuenta estos factores de incertidumbre, se tiene las especificaciones para la regulación de carga:

Se debe proteger el sistema contra descargas profundas. El valor de “voltaje de desconexión de carga”, debe corresponder al valor máximo de profundidad de descarga definido en la tabla 2. Para una corriente en amperes, igual al consumo diario en amperes-hora, dividido entre 5. El “voltaje de reconexión de carga” debe ser  $0.08 \text{ V/vaso}$  (0.5V para 12V) superior al voltaje de “desconexión de carga”.

La inhibición manual de la protección contra descargas profundas no está permitida. Adicional a esto, deberá incluirse elementos de señalización y alarmas previos a la desconexión.

El “voltaje de alarma” para el estado de baja carga, debe ser 0.2V para sistemas de 12 V, superior a la tensión de desconexión del consumo.

Los voltajes de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de  $\pm 1\%$  ( $\pm 20$  mV/vaso, o  $\pm 120$  mV/batería de 12V) y permanecer constante en todo el rango de posible variación de la temperatura ambiente.

Existen dos tipos de reguladores de carga, la diferencia entre ellos es la posición del dispositivo de corte empleado para limitar la sobrecarga en la batería, el primero es el regulador en “serie” interrumpen la conexión entre el generador solar y la batería, mientras que el regulador en “paralelo” (shunt) cortocircuitan al generador solar.

Existen dos tipos de estrategias de control, en controladores “onoff” se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje de fin de carga”, en los controladores con “modulación de ancho de pulso” (PWM), se recurre a reducir gradualmente la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje” de fin de carga”, manteniéndose así el voltaje constante, y precisamente igual a este valor.

Ambos tipos de estrategias son válidas para sistemas fotovoltaicos, y no se producen significativas diferencias en la vida útil de las baterías por el empleo de uno u otro de estos métodos.

La selección de los voltajes de fin de carga y reposición de carga, representa un compromiso entre asegurar la carga completa de la batería y evitar la corrosión de las rejillas y el excesivo consumo de agua.

Idealmente debería realizarse un ensayo de recarga en la batería, para determinar concretamente la relación entre el voltaje y la corriente de gaseo. Si dicho ensayo se realiza, el voltaje de fin de carga deberá



corresponder a un factor de recarga entre 0.95 y 1, cuando la carga se produce con una corriente de carga que corresponde a la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico en condiciones normales.

El valor del voltaje de fin de carga no es tan sensible al tipo de batería, como el voltaje de desconexión de carga por lo que si no se dispone del ensayo de recarga, pueden seguirse las siguientes recomendaciones generales:

- El “voltaje de fin de carga” debe estar en el rango de 2.3 a 2.4 V/vaso, a 25°C.
- En los controladores “on-off”, el voltaje de reposición debe estar en el rango de 2.15 a 2.2 V/vaso, a 25°C.
- En el caso de reguladores PWM, el voltaje de “fin de carga” debe estar en el rango de 2.3 a 2.35 V/vaso, a 25°C.
- Si se espera que las temperaturas ambientales en las cercanías del regulador varíen más que  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  a lo largo del año, se requiere un circuito de compensación de temperatura que realice una corrección a -4 a -5 mV/°C/vaso.
- El “voltaje de fin de carga” y el “voltaje de reposición” deben tener una precisión del 1% ( $\pm 20\text{mV/caso}$ , o  $\pm 120\text{mV}$  para 12V batería).
- Si se utilizan reles electromecánicos, la reposición de la carga debe retardarse entre 1 y 5 minutos.

En la figura 12 se observa un ejemplo de la evolución del voltaje de operación de una batería con regulador de carga asociado.

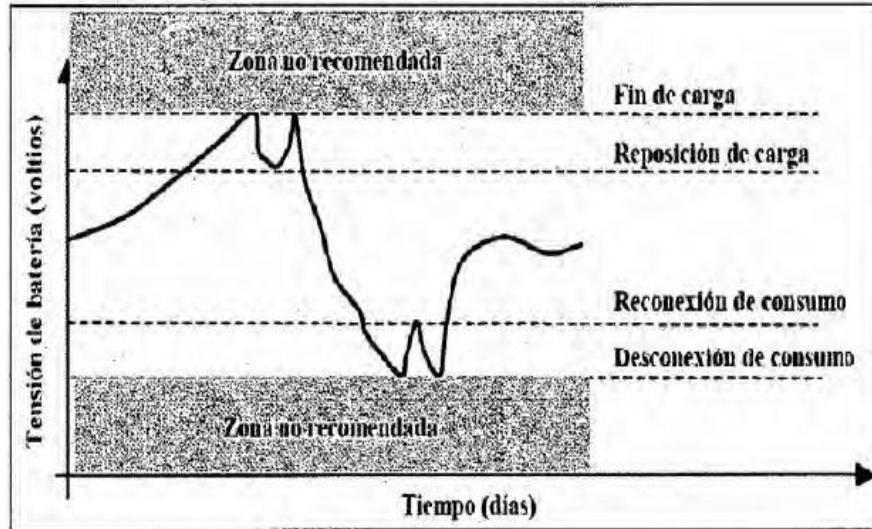


Figura 12: Variación de voltaje en una batería con regulador de carga.

Para evitar la descarga de la batería a través del generador fotovoltaico durante la noche, se emplea una protección contra el paso inverso de la corriente, esta descarga normalmente no es severa, pero evitarla ayudara a mejorar el comportamiento energético del sistema. La protección contra corriente inversa es fácil de implementar tanto en reguladores “paralelos” como en los reguladores “serie”.

### c) Caída de tensión

La caída de tensión excesiva de voltaje, en el regulador de carga, cables, interruptores, fusibles, etc., tienen consecuencias muy negativas en el comportamiento de diversos sistemas causando con frecuencia disminución de la capacidad efectiva de carga del generador fotovoltaico. Segovia et al. (2015).

Debido a que los reguladores de carga miden voltaje de la batería en los correspondientes terminales del propio regulador, tales caídas de tensión pueden reducir el voltaje de carga de la batería, y afectar con ella a su correcto funcionamiento. Caídas de tensión tan pequeñas como 30mV/vaso pueden tener efectos significativos sobre la

estimación del estado de carga de la batería y en su tiempo de vida útil.

Cualquier caída excesiva de tensión en el circuito de consumo reduce el voltaje disponible en las cargas y puede afectar de manera negativa a su funcionamiento, por tal razón es necesario reducir estas caídas de voltaje tanto en el cableado como en el regulador.

La caída de tensión interna en el regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, como norma se tiene que deben ser inferiores al 4% de la tensión nominal ( 0.5V para 12V), en peores condiciones de operación (todas las cargas apagadas y máxima corriente procedente del generador fotovoltaico). Entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 4% del voltaje nominal en las peores condiciones de operación (todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico).

**d) Condiciones de operación.**

La situación potencialmente mas peligrosa, tanto para el regulador de carga como para las cargas, es la operación en ausencia de las baterías. Por este motivo el regulador debe ser capaz de operar sin las baterías, con el generador en condiciones estándar y bajo cualquier nivel de carga permitida. Para proteger las cargas, el voltaje de salida del regulador en estas condiciones no debe ser mayor a 1.3 veces el voltaje nominal.

Algunos de estos reguladores no operan con niveles de baja tensión, por lo que se interrumpe el suministro de corriente a la batería de almacenamiento. Para evitar esto, el regulador deberá permitir la carga

de la batería desde el generador para cualquier voltaje mayor a 1.5 V/vaso.

El regulador también debería ser capaz de manejar cómodamente una corriente de carga equivalente a 1.25 veces la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico, y una corriente de descarga de 1.25 veces la correspondiente a todas las cargas encendidas a voltaje nominal.

El regulador necesita además de la protección contra daños provocados por impactos mecánicos y condiciones ambientales adversas, como la humedad, polvo, etc., El grado de protección debe guardar relación con el tipo de instalación de que se trate. IP 32 puede ser aceptable para instalaciones interiores, mientras que el IP 54 debería ser obligatoria para instalación en el exterior (normas IEC 529 o DIN 40050).

Algunos requisitos adicionales a considerar para el regulador de considerar sería que debe estar protegido contra la polaridad inversa tanto en la línea del generador como en la de la batería.

Se debe proteger contra sobretensiones por medio de un supresor de sobre voltajes de 1000W o mayor, instalado entre ambos polos de la entrada correspondientes a las cargas.

No debe producir interferencias en las radiofrecuencias en ninguna condiciones de operación. El consumo energético parasito diario del regulador en condiciones estándar, no debe exceder el 3% del consumo diario considerado en el diseño.

### **2.2.2.8 INVERSOR DE CORRIENTE**

Un inversor de corriente es un aparato electrónico que tiene como función invertir el voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia desea por el usuario.

Se compone principalmente de un oscilador, correspondiente a un circuito que permite la generación de la señal de salida de tipo cuadrada o sinusoidal, considerando como factor principal, la frecuencia de trabajo, que depende de las características de componentes como resistencias o condensadores. En algunos pueden controlarse mediante una tensión aplicada. Tello (2016).

Los inversores tienen un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda rectangular y esta a su vez alimenta un transformador que se encarga de suavizar su forma, haciéndola parecer un poco más a una onda sinusoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Esta forma de onda de salida del voltaje de un inversor ideal debería ser sinusoidal.

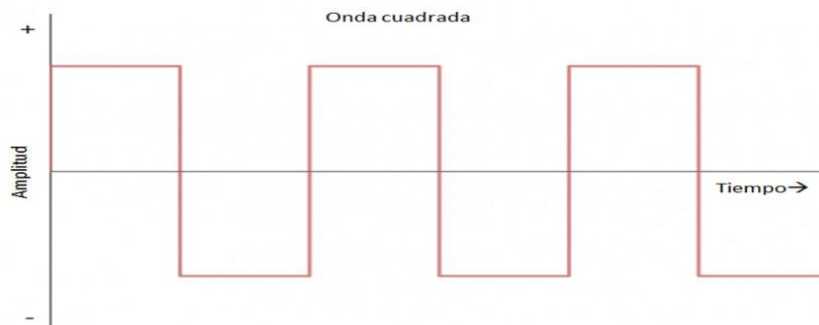
Una técnica para lograr esto es utilizar la técnica PWM consiguiendo que la componente principal sinusoidal sea mucho mayor que las armónicas superiores.

La función principal de un inversor es adecuar las características de la energía generada a las necesidades de la parte demandadas por las aplicaciones de la instalación, transformando la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos, almacenada en las baterías, en corriente alterna para el suministro de las cargas.

En las principales consideraciones a tener en cuenta para el dimensionamiento del inversor tenemos los siguientes puntos:

- Tension de entrada.
- Maxima potencia que puede manejar.
- Margen de sobrecarga permisible.
- Potencia, tensión y forma de onda de salida.
- Frecuencia de trabajo y máximo error de frecuencia.
- Eficiencia de transformación (normalmente hasta un 85%).

En los sistemas fotovoltaicos aislados se usan inversores de conmutación forzada o auto conmutados. Los primeros inversores, ya desaparecidos del mercado, generaban un voltaje de salida en CA en forma de onda cuadrada, tal y como se muestra en la figura 13. Este tipo de onda presenta contenido de armónicos que generaban problemas de interferencia en equipos como radios y televisores, y resultaba imposible la alimentación de una computadora y otros equipos electrónicos.



*Figura 13: Corriente alterna, onda cuadrada*

Años después se fue logrando mejoras, estas permitían generar una onda de salida casi sinusoidal, conocida también como onda sinusoidal modificada. Esta de modulación por anchura de pulsos (PWM), onda consiste en una serie de escalones de voltaje que tratan de seguir las variaciones del voltaje CA de salida.

Los inversores modernos generan una onda de salida sinusoidal pura o casi pura con un bajo contenido de armónicos y mínimo error en la frecuencia, mediante un proceso de modulación por anchura de pulsos (PWM). Con los PWM pueden obtenerse rendimientos de hasta un 90% inclusive con bajos niveles de carga. En la figura 14 podemos visualizar estas tres clases de ondas sinusoidales para la salida del inversor.

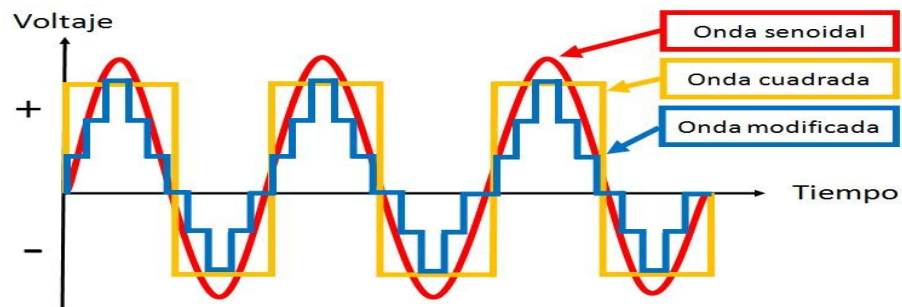


Figura 14: Ondas sinusoidales en la salida del inversor.

En el mercado también se pueden encontrar los inversores/cargadores, los cuales son un equipo que agrupa las funciones del inversor para transformar la energía de una fuente renovable de energía con un cargador de baterías que funciona a partir de una fuente de corriente alterna (CA), ya sea un grupo electrógeno de respaldo o conexión a red.

#### 2.2.2.9 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

El inversor como ya se detalló previamente, es un componente crítico del sistema fotovoltaico, su función es convertir la producción de energía, de corriente continua (CC) de los paneles fotovoltaicos, en una corriente alterna (CA) sinusoidal pura a 50 – 60 Hz que luego es aplicada directamente a la red eléctrica local o a una instalación aislada.

En las fichas técnicas de los inversores podemos encontrar normalmente valores de potencia, uno que corresponde a la potencia que el inversor puede suministrar de forma continua y otro valor que indica la máxima potencia que el inversor puede tolerar durante un periodo de tiempo determinado.

La potencia continua que puede suministrar este equipo, puede tomarse como válida si no se sobrepasa el valor máximo de temperatura ambiente especificada, se tiene el voltaje requerido mínimo en la entrada de corriente continua (cc), y la carga que se conecta es resistiva o casi resistiva. Si se conectan motores, balastos u otras cargas inductivas la onda de voltaje y corriente se desfasan y cambia el valor del factor de potencia, por lo que la potencia real que el inversor puede manejar disminuye.

La eficiencia varía en función del nivel de la carga, dicha eficiencia es mayor cuando el nivel de la carga conectada al sistema fotovoltaico se encuentra cerca al valor nominal para el que fue diseñado, y disminuye cuando opera con poca carga o sobrecarga.

Cuando los inversores suministran potencias grandes, deben ir acompañados con elementos de seguridad que deberán funcionar las 24 horas del día, por lo que existe un consumo adicional aun cuando no se transfiera potencia a las cargas.

Como alternativa de funcionamiento se tiene que algunos inversores tienen la capacidad adicional de permitir la desconexión de la salida del mismo para dar paso a la de un generador de corriente alterna (CA), que puede ser de gasolina o diesel y esto permite utilizar los mismos terminales de corriente alterna (CA) sin tener que utilizar un sistema de transferencia manual de los cables de un dispositivo a otro.



Para dimensionar el inversor se tiene que tomar como base el valor pico máximo de potencia que se estima en el consumo, pero esto dependerá de que los usuarios planeen el uso de la energía para reducir lo máximo posible el pico de la energía. En general las personas que usen el sistema fotovoltaico no tienen idea alguna del consumo eléctrico que utilizan o que van a necesitar, y es por esta razón probablemente que el consumo inicial moderado aumente en relación al tiempo. Por estos motivos es necesario realizar un estudio y cálculo adecuado de la distribución del consumo de energía, ya que la potencia pico que se toma como primera referencia en el diseño tiene mucha influencia sobre el costo inicial del proyecto.

En el caso especial de un inversor/cargador, en sistemas con fuente de respaldo tales como motores diesel, grupos electrógenos, etc., la restricción sería que se imponga sobre la corriente de carga de las baterías es que deberá ser inferior a 10% de la capacidad total del banco de baterías.

#### **2.2.2.10 CONDUCTORES ELECTRICOS**

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan principalmente por sus bajas tensiones y sus corrientes elevadas, por lo que se tiene que evitar caídas de tensión, por más pequeñas que sean pueden tener repercusiones significativas y generar efectos negativos sobre la corriente suministrada por el generador fotovoltaico, la regulación de la carga de la batería y la vida útil de las cargas.

El cableado corresponde al principal medio de transporte de corriente y energía del sistema fotovoltaico, por consiguiente, existen diferencias técnicas respecto a la magnitud de circulación, dada las condiciones de

equipos por efecto de arreglos en paralelo. Cada línea de cable, transporta distintas magnitudes de corriente, por consiguiente, existen requerimientos diferentes para el calibre. Tello (2016).

Debido a lo descrito anteriormente es que se debe evitar las caídas de tensión y esto se logra dimensionando de la manera más óptima los conductores eléctricos del sistema fotovoltaico.

Referente a la sección de los conductores eléctricos para el sistema fotovoltaico, debemos dimensionarlos para que las caídas de tensión no sean mayores al 5% entre el generador y el regulador, menores al 1% entre el regulador y las baterías, y entre el regulador de carga y las cargas deben estar por debajo del 5% de caída de tensión. Esto en condiciones de máxima corriente.

La caída de tensión en los conductores es totalmente independiente de la caída en el regulador.

Los conductores deben cumplir la norma IEC 60811 o alguna otra norma referente a la protección contra la interferencia.

Los terminales de los cables deben permitir una conexión mecánicamente fuerte, segura y con baja caída de tensión.

Los conductores deben sujetarse a las estructuras de soporte o en caso de instalaciones interiores en las paredes, para evitar sobre esfuerzo mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (caja de conexión, balastros, interruptores, etc.).

Los fusibles para protección de los cables se eligen de forma que la máxima corriente de operación está entre el 50 y 80% de la capacidad

nominal del mismo y preferiblemente se instalan en la línea de polaridad positiva.

#### **2.2.2.11 SISTEMA DE PROTECCION**

Los sistemas fotovoltaicos operan normalmente con tensiones bajas entre 12 y 24V, entonces el factor que representa mayor peligro son las baterías por que cuentan con corrientes de cortocircuito altas, contienen acido sulfúrico y liberan gases inflamables.

Para evitar estos riesgos, es necesario que la batería como el regulador de carga se encuentren protegidos contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito, estas protección deben actuar sobre la línea del generador fotovoltaico y la línea de las cargas.

La protección puede realizarse de manera sencilla, implementando fusibles, diodos, disyuntores u otros, y pueden o no estar incluidas dentro de la caja del regulador. En cualquiera de los casos, dichas protección se consideran parte del regulador en lo relativo a caídas de tensión en las mismas.

La implementación de un sistema de pararrayos es obsionan, dependiendo de la zona donde se instalara el sistema fotovoltaico, dándole una mayor importancia en caso se trate de la sierra o selva del país. Y tendrá que ser analizado primero los posibles efectos que generaría una descarga de rayos en el sistema, dado que generalmente el porcentaje de los dañosen modulos y reguladores ocasionados por rayos son muy bajos comparado con el incremento del costo inicial en la implementación de tal sistema de protección.

Otra alternativa para lugares con alta estadística de incidencia de descargas atmosféricas, es la de aislar los polos positivos y negativos

de manera manual del lado del generador fotovoltaico y así se puede desconectar el generador fotovoltaico cuando se presente alto riesgo de descargas eléctricas atmosféricas.

#### **2.2.2.12 CARGAS DE ALUMBRADO**

Las cargas más comunes en sistemas fotovoltaicos son las de luminarias, radios y televisores, pero en su mayor parte el consumo se da por cargas de iluminación. Por otro lado la radio y televisores son electrodomésticos electrónicos adquiridos directamente por los usuarios de bajo consumo energético.

En el mercado existen fluorescentes y reflectores LED que por tema de eficiencia son los más óptimos y comunes para usarse en sistemas fotovoltaico, inclusive algunos de estos productos se comercializan con un panel fotovoltaico incluido del tipo aislado. Obviamente estos tipos de luminarias deben tener protección contra la interperie de preferencia que cumplan con algún grado de protección de norma NEMA.

Se deberá escoger un sistema de iluminación de bajo consumo para poder hacer más eficiente el suministro a estas cargas y colocarlo en el ángulo adecuado para tener la mayor iluminación posible.

Normalmente estos reflectores están compuestos de una cierta cantidad de LEDs en paralelo, lo cual ayuda a difundir mejor el as de luz dando mayor alcance y abarcando mejor la superficie y por contar con tecnología LED implica un ahorro importante en el tema de consumo eléctrico a diferencia de los reflectores de halógeno o de sodio. Poseen un tiempo de vida estimado en 30 000 horas de uso y son ideales para espacios exteriores como parques, jardines, frenteras de edificaciones, monumentos, canchas de fútbol, etc.

### 2.2.3 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Después del panel fotovoltaico, el banco de baterías es muy necesario dado que las características de las cargas normalmente no coinciden con las características de generación del panel fotovoltaico.

En la Figura 15 podemos observar un esquema básico de un sistema fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos son agrupaciones de varios paneles fotovoltaicos y en base a estos se forman los arreglos fotovoltaicos que pueden ser en “serie” o en “paralelo”. En la figura 16 se muestra la curva característica de la variación de corriente respecto de la tensión del módulo fotovoltaico.

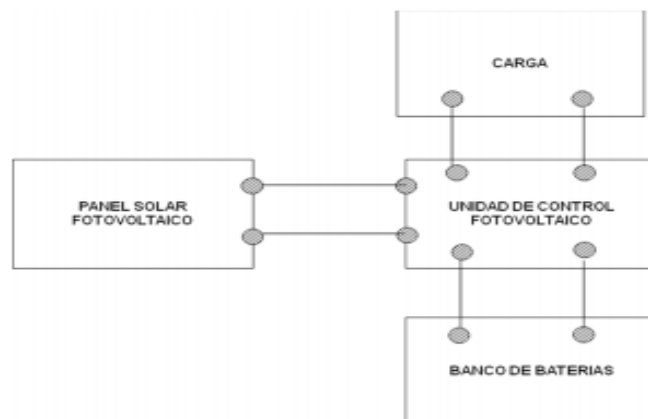


Figura 15: Esquema Solar Fotovoltaico

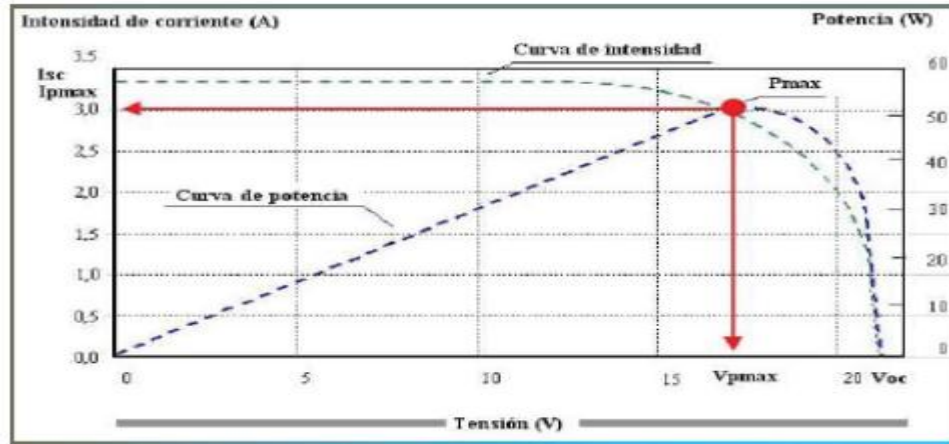


Figura 16: Corriente vs Voltaje en modulo fotovoltaico – [www.autosolar.es](http://www.autosolar.es) (2019)

Algunas iniciativas de parte de los gobiernos centrales de los países tales como España promueven la generación eléctrica de origen renovable, en caso del Peru el Decreto Legislativo N° 1002, esto influye en la mayor producción de paneles fotovoltaicos y la reducción de sus costos.

En la tabla 4 se puede visualizar el porcentaje de electrificación en países de america latina y el caribe en base a datos suministrados por OLADE – SIEE con referencia al año 2010, podemos suponer que el faltante para llegar al 100% en los porcentajes nos da una idea de la posibilidad de utilizar energías renovables para poder abastecer a este grupo de la población en países en desarrollo como en nuestra región.

Con estos datos no se pretende cambiar el tipo de electrificación de estos países, lo que se pretende es estudiar la manera de suministrar a lugares y/o campos deportivos que por lo alejado de la zona no tengan acceso a la electrificación convencional.

País	% Cobertura
Uruguay	99.75
Barbados	99.14
Costa Rica	99.11
Paraguay	98.97
Brasil	98.73
Venezuela	98.42
Chile	98.00
México	97.78
Cuba	97.05
Trinidad & Tobago	96.29
Grenada	96.01
Argentina	96.00
Colombia	95.41
Ecuador	93.35
Jamaica	92.78
Rep. Dominicana	92.21
El Salvador	91.60
Belice	89.10
Suriname	88.97
Panamá	87.55
Guatemala	81.82
Honduras	81.27
Guyana	79.63
Perú	79.31
Bolivia	77.10
Nicaragua	65.00
Haití	27.78

*Tabla 4:* Cobertura eléctrica en America Latina y el Caribe. OLADE – SIEE 2010.

Estas instalaciones domesticas, interiores o exteriores de sistemas fotovoltaicos normalmente trabajan en baja potencia con un diseño para suplir necesidades básicas como pequeños electrodomésticos e iluminación, para estos casos usando corriente continua normalmente de 12/24V y con un valor típico de 50Wp de panel fotovoltaico, aunque en algunos caso puede variar en el rango de 10 a 100 Wp aproximadamente, dependiendo del tipo de instalación a usar, la cantidad de usuarios y sus habitos de consumo energético asi como la planificación y financiamiento del proyecto.

Es recomendable el uso de inversores (CC/CA) generalmente en sistemas cuya potencia sea mayor a 200Wp, por un tema de costo y confiabilidad.

Referente a la calidad, esta depende de diversos factores del sistema fotovoltaico, tales como la confiabilidad, comportamiento energético, seguridad, fácil manipulación y la simplicidad de la instalación y mantenimiento.

Usualmente, la demanda de energía por parte de los usuarios para este tipo de instalaciones se mantienen constantes, por tratarse de cargas de alumbrados, así que nos beneficia en lo económico saber que no tendremos que hacer un sobredimensionamiento para aumento de cargas.

Una opción para aumentar la confiabilidad del sistema es la de poder cargar las baterías a través del suministro normal, para días en los que la incidencia de irradiación solar no pueda abastecer la necesidad del almacenamiento de la batería, para este caso el pico de potencia que se genera es grande debido a que se suman los aportes del sistema fotovoltaico y la del suministro normal.

La flexibilidad en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico es importante, por esto es necesario prestar atención a la posibilidad de agrandar el sistema fotovoltaico a futuro, simplemente incrementando el tamaño del sistema agregando más paneles fotovoltaicos o aumentando la cantidad de baterías de almacenamiento.

El mantenimiento que se puede realizar in situ al sistema fotovoltaico son: limpieza de los módulos fotovoltaicos, modificaciones del cableado, relleno del agua de las baterías, reemplazo de fusibles,



lámparas y reguladores de carga. A todo esto, los usuarios solo pueden realizar trabajos de limpieza en los módulos fotovoltaicos y encomendar las tareas de mayor capacidad técnica a una persona con los conocimientos y actitudes técnicas necesarias para trabajos de mantenimiento primario tales como diagnóstico de fallas, reemplazo de componentes, modificación de los conductores, etc.).

#### 2.2.4 DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO USANDO PANELES FOVOLTAICOS PARA UNA LOSA DEPORTIVA

El diseño de dicho sistema fotovoltaico para la generación eléctrica a través de paneles solares para suministrar la energía a cierta cantidad de reflectores para el beneficio de la población de la Asociación Magisterial 6 de Julio, se realizara en su losa deportiva ubicada dentro de las instalaciones de su Local Comunal.

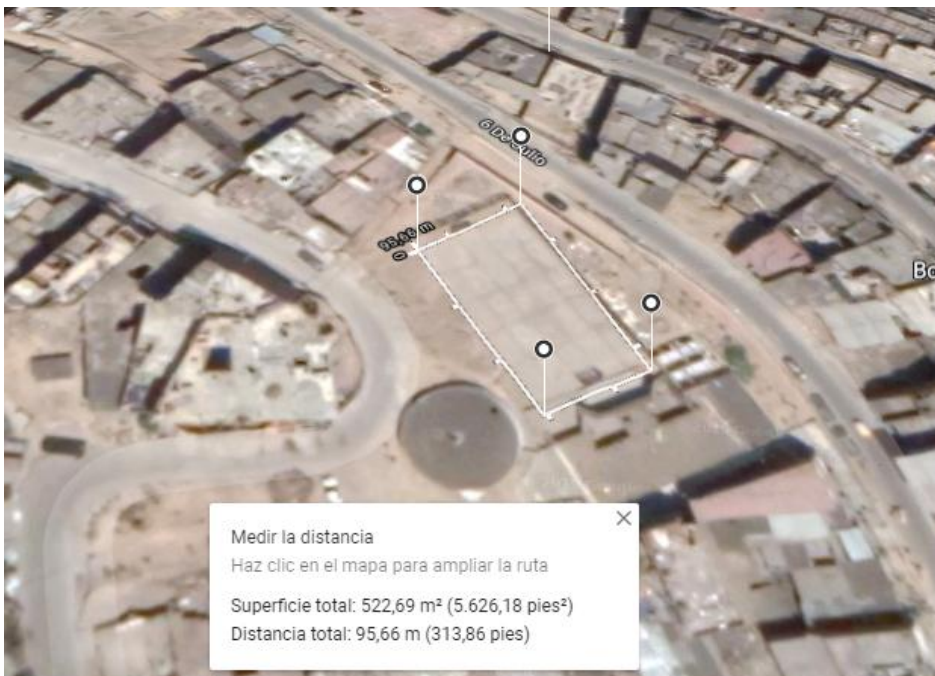


Figura 17: Dimensiones de la Losa Deportiva “6 de Julio”.

Tenemos como coordenadas de ubicación de la Losa Deportiva “6 de Julio” Latitud Sur:12°08'24.7" y Longitud Oeste: 76°58'40.4". Este Local Comunal cuenta con un suministro eléctrico entregado por la consecionaria Luz del Sur, el cual abastece de energía eléctrica al Local Comunal que esta compuesto por un comedor popular, una sala de reuniones y una posta medica, pero no hay abastecimiento de energía eléctrica para la Losa Deportiva y tampoco un sistema de iluminasion, por ende lo que se plantea hacer es diseñar un suministro fotovoltaico exclusivo para la iluminasion de la Losa Deportiva, este diseño se debería poder conectar a la red del suministro eléctrico convencional para abastecer en los días de poca irradiación solar y asi aumentar la confiabilidad del sistema.

#### **2.2.4.1 ESTIMACION DE LA RADIACION SOLAR**

La insidencia de irradiación diaria en el Peru, a nivel anual, nos presenta a la zona de mayor potencial de energía solar del territorio que se ubica en la costa sur entre la Latitud Sur de 16° a 18°, con una disponibilidad de 6 a 6.5 kWh/m<sup>2</sup>. La segunda zona donde se registra una disponibilidad alta de energía solar diaria entre 5.5 a 6 kWh/m<sup>2</sup> es la costa norte, entre el 3° a 8° de Latitud Sur y gran parte de la sierra sobre los 2 500 msnm, siendo en orden de importancia en cuanto a su extensión superficial: la sierra sur, la sierra central y la sierra norte. La selva se presenta como una zona de valores de energía solar bajos en el territorio, donde se registran valores de 4.5 a 5 kWh/m<sup>2</sup> con una zona de minimos valores en el extremo norte cerca al ecuador entre una Latitud Sur de 0° a 2°.

Para la zona sur de Lima, tenemos índices de radiación variables a lo largo del año, para febrero tenemos que el índice de irradiación solar se encuentra entre 5 a 5.5 kWh/m<sup>2</sup>, para mayo

que es temporada de otoño cae el rango de irradiación solar a 4.5 a 5 kWh/m<sup>2</sup>, para agosto se mantiene en 4.5 a 5 kWh/m<sup>2</sup> y para noviembre que es el inicio del verano se tiene el índice de irradiación solar mas alto 5.5 a 6 kWh/m<sup>2</sup>. Esta información es brindada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

ORDEN	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO	IRRADIACION SOLAR PROMEDIO ANUAL kWh/m <sup>2</sup>
1	IQUITOS	LORETO	3.53
2	EL CENEPA	AMAZONAS	2.80
3	REQUENA	LORETO	3.68
4	HDA. EL VALOR	AMAZONAS	4.49
5	YURIMAGUAS	LORETO	4.74
6	JUAN GUERRA	SAN MARTIN	3.95
7	CAJAMARCA	CAJAMARCA	4.47
8	PADRE ABAD	UCAYALI	4.02
9	TINGO MARIA	HUANUCO	4.02
10	HUANUCO	HUANUCO	4.62
11	HUMAYA	LIMA	4.05
12	SAN RAMON	JUNIN	3.98
13	IBERIA	MADRE DE DIOS	3.69
14	HUACHAC	JUNIN	4.97
15	SANTA ANA	CUSCO	4.01
16	AYACUCHO	AYACUCHO	4.82
17	SAN JERONIMO	CUSCO	4.62
18	ABANCAY	APURIMAC	4.76
19	MANRIQUE	ICA	4.52
20	MARCONA	ICA	6.04
21	ICA	ICA	4.09
22	HDA. MAJORO	ICA	6.02
23	MARCONA	ICA	4.04
24	HUARAYA	PUNO	5.16
25	SIBAYO	AREQUIPA	4.94
26	PUNO	PUNO	5.10
27	JULI	PUNO	5.06
28	PAMPA DE MAJES	AREQUIPA	5.61
29	AREQUIPA	AREQUIPA	5.31
30	CHAPACATO	AREQUIPA	5.32
31	MOQUEGUA	MOQUEGUA	5.36
32	PAUCARANI	TACNA	5.41
33	CALANA	TACNA	4.00

Tabla 5: Irradiancia Solar promedio en algunas localidades del Peru -

SENAMHI

En términos generales tenemos que la región de la costa central sur se dan valores altos de heliofania y como consecuencia altos radiación solar en temporada de verano, sin embargo debido a que lima presenta muchos microclimas, es necesario detallar algunas excepciones.

En la zona costera cercana al litoral y por debajo de los 600m de altura, el comportamiento descrito anteriormente sufre variaciones durante fines de otoño, invierno e inicios de primavera en que esta región muestra valores marcadamente bajos de heliofilia y energía solar, constituyendo una zona de mínimos en el territorio.

Estas condiciones se dan en razón de la transítividad atmosférica que disminuye considerablemente debido a la intensificación durante estos meses de la inversión térmica, que determina una capa nubosa baja (estratiforme) e incluso fuerte presencia de nieblas en esta región. Esto se origina por la mayor influencia del APS que por esta época del año migra hacia su posición más al norte en el Pacífico sur ( $30^{\circ}\text{S}$  y  $90^{\circ}\text{W}$ ), esto es, más cerca al litoral peruano, teniendo una mayor intensidad y amplitud, por otro lado, a las menores temperaturas superficiales de la Corriente Fría Peruana y la presencia e intensificación de afloramientos costeros de aguas frías profundas sub superficiales. A fines de primavera, en las terrazas desérticas de Arequipa, Moquegua y Tacna ( $13.5$  a  $18^{\circ}\text{S}$  y  $70$  a  $76^{\circ}\text{W}$ ), por encima de los 1 000 msnm, se alcanzan los mayores valores de energía solar durante el año y de todo el territorio nacional. Esto sucede por que están ubicados encima de la capa de inversión térmica y presentan cielo despejado durante todo el año.

#### 2.2.4.2 ESTIMACION DE LA CARGA DE ALUMBRADO.

Para conocer la cantidad de reflectores necesarios tenemos que conocer dos factores, el primero es el rendimiento luminoso ( $\text{lm/W}$ ), el cual lo podemos encontrar en la ficha técnica del reflector o suministrado por nuestro proveedor, el segundo factor es flujo luminoso por reflector ( $\text{lm}$ ), el cual es un dato que se puede calcular multiplicando la potencia del reflector ( $W$ ) por el rendimiento luminoso del mismo reflector ( $\text{lm/W}$ ). Al final para saber que cantidad de reflectores necesitamos para nuestro proyecto, debemos de dividir la cantidad de lúmenes requerida, que podemos obtenerla de alguna norma nacional o internacional dependiendo de que tipo de actividad se realizara en el lugar de instalación, y el flujo luminoso por reflector. Para mayor entendimiento presentamos un ejemplo aplicativo.

Cantidad de Lumenes Requeridos: 380 000  $\text{lm}$

- **Reflector Led de Linea Economica:**

Rendimiento Luminoso de 250  $W$ : 70  $\text{lm/W}$

Flujo Luminoso por Reflector:  $250 \times 70 = 17\,500 \text{ lm}$

$380\,000 / 17\,500 = 21.7$  (Se necesitan 22 reflectores)

- **Reflector Led de Alto Rendimiento:**

Rendimiento Luminoso de 240  $W$ : 130  $\text{lm/W}$

Flujo Luminoso por Reflector:  $240 \times 130 = 31\,200 \text{ lm}$

$380\,000 / 31\,200 = 12.1$  (Se necesitan 12 reflectores)

Por tratarse de un campo deportivo para practicar fútbol o sea un espacio de forma rectangular, se estima que en cada arista del campo se debe instalar los soportes para los reflectores, que a su vez debería darle soporte a los paneles fotovoltaicos.

Respecto a la carga, esta estará condicionada a la cantidad de energía que podemos estimar se pueda aprovechar del sistema fotovoltaico, dado que esta alimentara al numero de reflectores a utilizar, a continuación se detallara las características técnicas de algunos reflectores encontrados en el mercado nacional.

**a) OPALUX: RF-12V30W - Reflector LED 12V SMD 30W**

Reflector: LED 30 W

Entrada: DC 12-24V luz blanca

Alto x largo x ancho: 18 x 22.2 x 10 cms

Current: 2.1 A (Max. 4.2 A)

Proteccion: IP 65

CCT 6000 k

Area de proyección: 4 – 20 mts

Altura de montaje: 1 – 3 mts



**Figura 18:** Reflector RF-12V30W – OPALUX<sup>4</sup>

**b) OPALUX: RLED-50W Reflector LED 12V SMD 50W**

---

<sup>4</sup> Imagen extraida de Catalogo OPALUX 2019

Entrada: DC 12-24V Luz blanca

Proteccion: IP65

Blanco frio: 6700k

LED: 32 LED SMD

Lumenes: 2300ML 10%

(Alto 25 x largo 28 x ancho 7.7 cms)



**Figura 19:** Reflector RLED-50W– OPALUX<sup>5</sup>

**c) OPALUX: RLED-100W Reflector LED 12V SMD 100W**

Reflector: LED SMD 100W

Entrada: DC 12-24V Luz blanca

LED: 2 LED SMD

Alto x largo x ancho: 15.25 x17.9 x 5.2 cms

Proteccion: IP65

Blanco frio: 6700k

Lumenes: 6000ML 10%

---

<sup>5</sup> Imagen extraida de Catalogo OPALUX 2019



**Figura 20:** Reflector RLED-100W– OPALUX<sup>6</sup>

Como se puede observar en el mercado nacional existen diferentes opciones de reflectores que podemos utilizar en un sistema fotovoltaico. Luego de seleccionar el reflector a usar, y calcular la cantidad de reflectores necesarios para llegar al nivel de lumenex que se necesita para el normal desarrollo de las actividades deportivas en este espacio, podremos determinar la carga y con eso los conductores a utilizar.

## **2.2.5 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO NACIONAL**

Para nuestro trabajo de investigación, es necesario conocer las características técnicas de los siguientes componentes fundamentales para un sistema fotovoltaico:

- Paneles Solares.
- Estructura de Soporte.
- Baterias Solares.
- Regulador de Carga.
- Inversor – Cargador.
- Elementos y accesorios para instalaciones eléctricas exteriores.

---

<sup>6</sup> Imagen extraída de Catalogo OPALUX 2019



Al final del trabajo, en el anexo 1 se adjuntaran tablas en las cuales detallaremos las características técnicas, precios y disponibilidad en el mercado nacional de los equipos requeridos y estos datos se usaran para obtener una referencia para el presupuesto.

## **2.2.6 DIMENSIONADO DE LOS COMPONENTES Y ESTIMACION DEL PRESUPUESTO**

### **2.2.6.1 TENSION DE LA INSTALACION**

Los niveles de tensión utilizados generalmente en sistemas fotovoltaicos son 12, 24 o 48 V. Para nuestro caso, como el sistema fotovoltaico solo suministrara energía a 4 torres de reflectores ubicadas en cada arista del campo deportivo, y por que el área de dicho campo deportivo es relativamente pequeña (550m<sup>2</sup> aproximadamente), se trabajara con 12 o 24 V como nivel de tensión para la instalación

### **2.2.6.2 CONSUMO ELECTRICO**

El consumo eléctrico real del sistema va a ser relativamente bajo, como hemos podido observar en la descripción de materiales los reflectores, que serán la única carga consumidora de energía generada de nuestro sistema, tienen potencias de 30, 50, 100, 150, 200W y 400W. Estimamos utilizar los reflectores de 400W durante 6 horas diarias los 7 días de la semana.

<b>ANALISIS DE CARGAS LOSA DEPORTIVA “6 DE JULIO”</b>						
<b>Carga</b>		<b>n</b>	<b>P (W)</b>	<b>Pt (kW)</b>	<b>T (h)</b>	<b>Cd (kWh/día)</b>
		<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Potencia Total</b>	<b>Tiempo en el día</b>	<b>Consumo diario promedio</b>
<b>Loza Deportiva</b>	<b>Reflectores</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	<b>0.4</b>	<b>6</b>	<b>2.4</b>

*Tabla 6: Cuadro de cargas*

Lo que se prevee para esta instalación deportiva es utilizarla a partir de las 8:00 hasta las 24:00 horas. Aprovechar al máximo la iluminación que nos provee el sol para hacer uso de los espacios hasta las 18:00 y a partir de esta hora encender los reflectores a través de un timer programado para activar el sistema a esta hora.

Durante la mañana en horas de radiación solar se irán cargando las baterías para poder suministrar la energía durante las horas nocturnas de 18:00 hasta las 24 horas, en caso la energía almacenada por las baterías no sean suficiente para abastecer el sistema, se tendrá un sensor que de aviso al usuario para desconectar el sistema de alimentación fotovoltaico y poder activar el suministro eléctrico convencional.

### **2.2.6.3 PANELES SOLARES**

El consumo eléctrico calculado en el apartado anterior nos servirá de referencia para poder calcular la cantidad de paneles solares necesarios para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico, este calculo se estima considerando que el panel fotovoltaico debe ser capaz de abastecer a la carga durante el mes con la irradiación solar promedio mas desfavorable, la cual es en el mes de junio.

De acuerdo con la sección de estimación de irradiación solar del apartado 2.2.4.1 el nivel de radiación para el mes de junio, el cual es el peor mes del año, se estima que es 5.5 kWh/m<sup>2</sup> día. Ahora es necesario definir cual es la potencia del panel solar a usarse para poder calcular la cantidad total de los paneles necesarios de acuerdo a lo indicado en la ecuación (5).

En el ANEXO 2 se muestran precios de los paneles fotovoltaico, los cuales aumentan en precio proporcionalmente a la potencia nominal de los mismos. En caso se empleen paneles solares de baja potencia, el precio por unidad es menor pero se requiere de mayor cantidad de unidades para conformar el sistema de generación fotovoltaico, todo lo contrario es si se escogen paneles solares de potencias altas, entonces al escoger el panel solar se debe lograr un equilibrio entre estos factores. Entonces como primera opción se puede elegir paneles solares de potencia cercana a los 200Wp a 12V o 24V, ya que estos valores son estandarizados y se encuentran fácilmente en los mercados, lo cual nos puede facilitar el suministro para los componentes de la instalación.

#### **2.2.6.4 ESTRUCTURAS DE SOPORTE**

Una opción es emplear estructuras de soporte con capacidad para dos modulos, dado que la carga total necesaria no es muy alta, se requerirían 4 estructuras ubicadas en cada aristas de la losa deportiva a una altura de 4m.

#### **2.2.6.5 REGULADOR DE CARGA**

Para la elección del regulador de carga se tiene que la corriente máxima  $I_{max}$  necesaria según la siguiente ecuación:

$$I_{max} = I_c \times N \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

$I_c$ : Intensidad máxima suministrada por cada panel fotovoltaico, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

$N$ : Numero de paneles necesarios en paralelo.

#### **2.2.6.6 BATERIAS**

De acuerdo con la ecuación (7), empleando el consumo real calculado, una profundidad de descarga del 80% para un voltaje de instalación de 12 V, 24V o 48 V con 7 días de autonomía, se obtiene que la capacidad necesaria para el banco de baterías puede ser 42kAh, 21kAh o 10.5 kAh. Si en caso se obtara por un sistema a 48 V y como se sabe las baterías están disponibles a 12 V, se deberá definir la capacidad de las baterías de forma que el numero total de baterías sea múltiplo de 4. En el ANEXO 3 se puede apresiar el costo aproximado de varias configuraciones de bancos de distintos tipos de baterías.

Asiendo el análisis de la elección de baterías, se debe tener presente que una mayor inversión en baterías de mayor calidad asegura ventajas como vidas útiles mas largas, mejores características de operación ante determinados regímenes de carga y descarga, y menos mantenimiento.

#### **2.2.6.7 INVERSOR**

Para la instalación fotovoltaica, el inversor es un instrumento que sirve para convertir la corriente continua (CC), que es con la cual se generara la energía fotovoltaica de los paneles solares y almacenada en las baterías, a corriente alterna (CA), siendo este ultimo tipo de corriente el que mas se utiliza en los diferentes electrodomésticos y luminarias, pero cabe la excepción de seleccionar electrodomésticos o luminarias que funcionen con corriente continua (CC), y podríamos

vernos en la facilidad de obiar este instrumento del sistema fotovoltaico.

Ahora en cualquiera de los dos casos anteriores, se requiere que tanto la recarga de baterías como la alimentación de las cargas conectadas puedan realizarse a partir de las dos fuentes disponibles, el sistema fotovoltaico o la de la red del concesionario. Para tal fin la configuración del sistema debe realizarse de modo que las cargas puedan alimentarse tanto a partir del inversor conectado al banco de baterías, como conectado a la red del suministro normal.

Para administrar este tipo de generación de energía a partir de dos fuentes se puede realizar mediante el uso de un inversor/cargador, que puede convinar las funciones de inversión de tensión en corriente continua proveniente de la generación fotovoltaica y la recarga de las baterías mediante el suministro de la red del concesionario eléctrico.

Es necesario que el inversor tenga también la opción de conexión en paralelo para poder incrementar la cantidad de potencia que practica a este problema es la implementación de un equipo de inversión de similares características al Inversor/Cargador modelo Phoenix Multi de la marca Victron Energy, este equipo permite conectar tanto el banco de baterías como a la red normal, el Inversor/Cargador, de modo que cuando la energía del sistema fotovoltaico es insuficiente se conecta a la red normal y el aparato automáticamente de la función de inversor para a la función de cargador, suministrando energía a las cargas y realizando la recarga con la energía excedente.

#### **2.2.6.8 TIPOLOGIA DEL SISTEMA**

Los dos posibilidades para el modelo del sistema fotovoltaico son las siguientes:

- La primera alternativa es la de diseñar una torre que soporte a la cantidad de reflectores necesarias y sobre estas deberían ir

montado los paneles solares necesarios únicamente para abastecer el consumo de los reflectores que vayan en esta torreta, en la base deberían ir el sistema de almacenamiento resguardado dentro de un contenedor metálico con resistencia a los impactos e interperie y asegurado con un candado.

- La otra alternativa, cuya dificultad de implementación sería mayor a la primera, podría ser la de interconectar las cuatro torres a un solo sistema de paneles fotovoltaicos y un solo sistema de almacenamiento, por lo cual el presupuesto por el tema de la longitud de los conductores, el mantenimiento, la caída de tensión por la longitud de los conductores y la dificultad de seguir operando si en caso una parte del sistema falle, a diferencia de las torretas individuales.

En el desarrollo del proyecto debemos evaluar estas alternativas para tomar la mejor decisión respecto a precios, mayor almacenaje de energía, facilidad de mantenimiento, etc.

#### **2.2.6.9 POSIBLES FINANCIEROS DEL PROYECTO**

Los posibles financistas para el presente proyecto de energía renovable pueden ser los siguientes:

- **FONAM:** Institución privada creada por el congreso peruano, mediante LEY N°26793 en el año 1997, con el objetivo de promover la inversión pública y privada en el desarrollo de planes, programas, proyectos y actividades orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental, el uso sostenible de los recursos naturales y el fortalecimiento de las capacidades para una adecuada gestión ambiental.

- **Gobierno Central, Regional y/o Municipal:** Estos son los entes rectores del correcto uso de los recursos públicos para programas en beneficio de la población.
- **RedSoLAC:** Red para Latinoamerica y el Caribe, cuya misión es contribuir al desarrollo y aprovechamiento de la Energia Solar Fotovoltaica. Para tal fin usan una plataforma de difusión de información, que facilita la cooperación y colaboración mutua de instituciones, empresas, profesionales y personas interesadas.
- **Acciona:** Corporacion empresarial española, líder en la promoción y gestión de las infraestructuras (construcción, industrial, agua y servicios) y energías renovables.

### 2.2.7 SOFTWARE DIALUX4

Software de diseño de iluminación profesional para espacios interiores y exteriores, este es un software libre, quiere decir que no tiene ningún costo por la descarga y su uso.

Con este programa podremos diseñar, calcular y visualizar la Luz de forma profesional en espacios simples, pisos enteros, edificios y escenarios exteriores. En la tabla 6 se puede ver dos versiones del software y en que casos se utilizan.

	<b>DIALux evo 8.1</b>	<b>DIALux 4</b>
Edificios enteros	√	
Espacios simples	√	√
Interaccion entre escenas interiores y exteriores	√	
Iluminacion de la calzada	√	√
Luz natural	√	√

Sistemas de control de la luz natural	√	
Iluminacion de emergencia		√

Tabla 7: DIALux evo 8.1 – DIALux 4

La versión DIALux evo 8.1 esta especializada para la planificaciones de edificios enteros, luz natural y de la calle. Los requisitos técnicos para usarlo en la computadora son los siguientes:

- CPU – SSE2 – compatible
- 4GB de RAM (min. 2GB)
- Tarjeta grafica de Open GL 3.0 (1 GB RAM)
- Resolucion min. 1024 x 768 px
- Windows 7 (32/64 bit)
- Windows 8 (32/64 bit)
- Windows 10 (32/64 bit)

La versión DIALux 4 esta especializada para planificar iluminación de emergencia e iluminación de instalaciones deportivas. Los requisitos técnicos para usarlo en la computadora son los siguientes:

- Procesador P IV o mas, 1.4 GHZ o mas.
- 1GB de RAM Tarjeta grafica de Open GL o compatible con DirectX.
- Resolucion min. 1280 x 1024 px
- Windows Xp
- Windows Vista. Windows 7
- Windows 8.1. Windows 10.

En el programa DIALUX 4 nos permite cargar planos en formato DWG (autocad) para poder trabajar la iluminación sobre estos, se introduce las



unidades en las que se trabaja y el resto es seleccionar el tipo de espacio, luminaria, material de construcción, etc. Ya el programa nos brinda un análisis profesional de la iluminación.

En el Anexo 4 se puede revisar un manual básico para empezar a manejar este software DIALux 4, tan importante para los diseños de iluminación profesional.

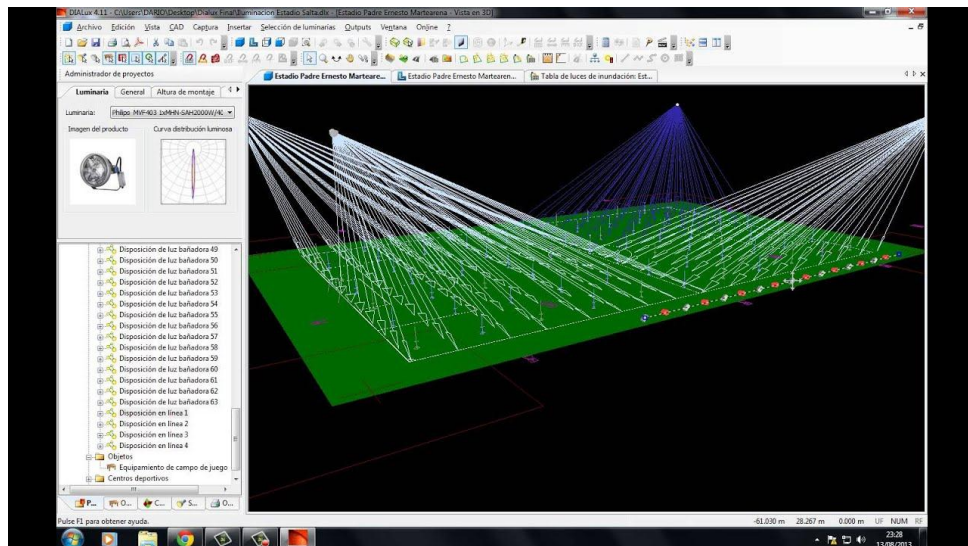


Figura 21: Software DIALux 4

## 2.2.8 NORMATIVA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para el siguiente trabajo de investigación, nos apoyaremos en las siguientes normas vigentes para el estado peruano referente a sistemas de generación eléctrica fotovoltaica y sus componentes:

- **R.D.N° 003-2007-EM/DGE:** Este reglamento técnico establece las especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que deben cumplir los sistemas fotovoltaicos y sus componentes.
- **R.M.N° 091-2002-EM/VME:** Norma DGE-Terminología en Electricidad y Norma DGE-Simbolos Graficos en Electricidad.
- **CNE – UTILIZACION:** Protección y sistemas de seguridad eléctrica, puesta a tierra, blindaje contra roedores, etc.

- **DGE 017-AI-1/1982:** Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos, aquí nos indican los niveles optimos recomendados de lumenex minimos a utilizarse en diferentes espacios.

## 2.3 Definición de términos básicos

### **Instalacion Fotovoltaica:**

Conjunto de equipos encargados de realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica reciben el nombre de sistema fotovoltaico. Los sistemas fotovoltaicos pueden ser instalaciones autonomaso instalaciones conectadas a la red. (Muñiz, 2007)

En términos generales, se define como sistema fotovoltaico, al conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizados en el aprovechamiento de la energía solar disponible para su transformación en energía eléctrica. Raboso, A. (2013).

### **Alumbrado General:**

DGE 017-AI-1/1982: Alumbrado de un recinto sin tomar en consideración las exigencias particulares propias de alguna parte del recinto

### **Alumbrado Localizado:**

DGE 017-AI-1/1982: Alumbrado diseñado para incrementar la iluminación en algunas posiciones especificadas, como de aquellas en las cuales se efectua un trabajo.

### **Loza Deportiva:**

La instalación deportiva puede ser considerada muestra de la posibilidad de combinar armónicamente la libre creatividad (que se refleja en la forma del edificio, en sus técnicas de construcción o en sus acabados) con sujeción a un reglamento previo (que determina las dimensiones, la acogida de publico, la seguridad.) Rossenfield, K. (2015).

# **CAPITULO III: DESARROLLO DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA UNA LOSA DEPORTIVA EN LA ASOCIACION DE VIVIENDA 6 DE JULIO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES.**

## **3.1 Modelo de Solucion Propuesto**

La investigación para este trabajo de suficiencia profesional esta basada netamente en informacion teorica de los parámetros y datos a tomar en cuenta en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, y también en datos históricos sobre índices de radiación en la zona donde se plantea el diseño del sistema fotovoltaico.

El primer paso para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaicos para el alumbrado de loza deportiva de la asociacion de vivienda “6 de Julio” es la inspección visual, en la cual tenemos determinamos un área de trabajo a iluminar de aproximadamente 523 m<sup>2</sup>, en esta zona se desarrolla actividades deportivas solamente en horario nocturno por la carencia de un sistema de alumbrado que haga posible la iluminación en horarios nocturnos y es por ellos que esta área, en este horario, es aprovechada para fines muy lejanos para los que fue creado.

Esto nos motivo a sugerir una alternativa de solución diferente a las convecciones, algo que tengo un impacto en la población, como llevar el mensaje del uso de las energías renovables, como la energía solar a través de paneles fotovoltaicos.

Lo propuesto es diseñar un sistema fotovoltaico que capte la energía solar durante las horas de luz solar, aproximadamente 12 horas al dia entre las 6:00 y las 18:00 horas, teniendo su rango mas optimo entre las 11:00 a 15:00 horas. Como se sabe la energía solar es una energía libre a la disposición de todo aque que desee aprovecharla, es entonces que podemos implementar un sistema fotovoltaico, garantizando que en un periodo no tan lejano se pueda recuperar la inversión y preveendo el reducido gasto en mantenimiento, dado que en el común de los casos,

estos sistemas requieren solamente limpieza. Así se puede almacenar la energía captada por los paneles solares en un sistema de baterías, para poder utilizarlas en las horas de escasa iluminación natural, entre las 18:00 a 00:00 horas, que es el horario máximo en que está abierta la instalación deportiva al público usuario.

Como solamente se desea abastecer de energía a las cargas de alumbrado de la loza deportiva, se tiene dos alternativas, la primera de diseñar un sistema interconectado en la que todos los paneles fotovoltaicos dimensionados, conectados en serie y/o paralelo, abastezcan a un único sistema de baterías y estos programados con un sensor horario abastezcan a la luminaria de la loza deportiva en el horario nocturno de uso (18:00 a 00:00 horas), y en caso la energía captada durante el día fuese insuficiente para abastecer estas cargas, se pueda conectar directamente al suministro de la concesionaria eléctrica, en este caso Luz del Sur.

La segunda alternativa es la de diseñar módulos fotovoltaicos independientes, quiere decir que se diseñara una torreta estándar para cada arista y dos al centro de la loza deportiva, y todas independientes entre sí, cada torreta tendría que tener sus propios paneles solares, sistema de baterías, inversor, regulador de carga, conductores eléctricos, etc.

Entre estas dos opciones, la segunda nos permitirá una independencia entre cada torreta del sistema alumbrado para la loza deportiva, un gran ahorro económico en conductores eléctricos, considerando que si se usara la primera opción se tendría que instalar conductores eléctricos de no menos de 20 metros lineales, dado que esta es la medida por lado de la loza deportiva, y a la vez se limitaría el efecto de la caída de tensión por la longitud del conductor.

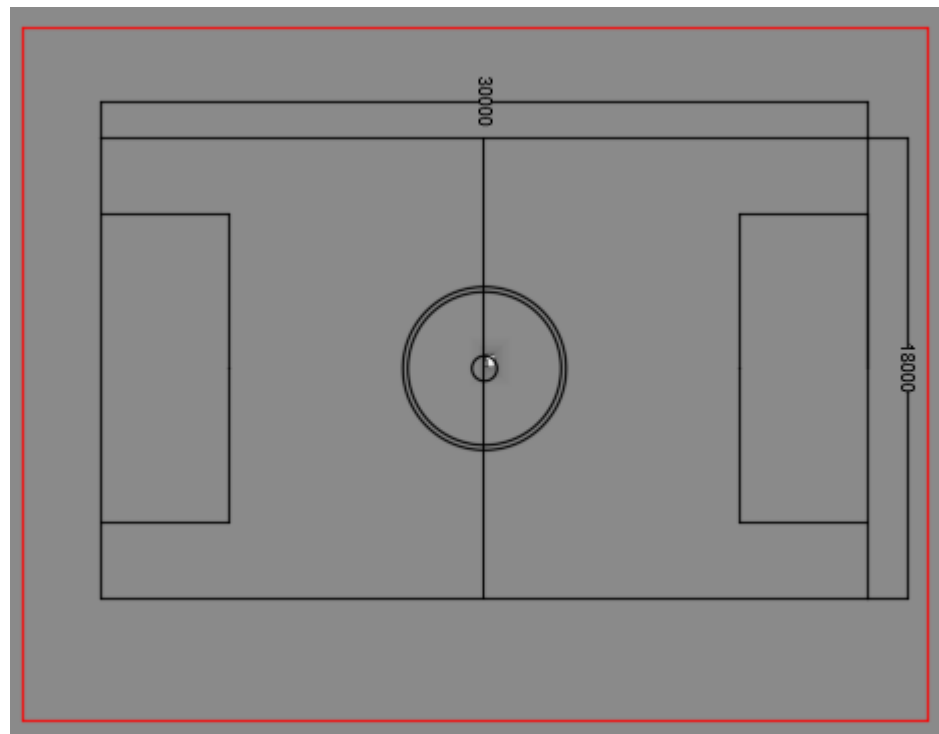
Con estas premisas se opta por el diseño de torretas independientes fotovoltaicas para el sistema de alumbrado de la loza deportiva, y esperando en un futuro se pueda implementar este sistema en el lugar de estudio y en los miles de pequeños

espacios deportivos existentes en el país, para el beneficio y concientización de la gente sobre el uso responsable de los recursos energéticos y el cuidado del planeta.

### 3.1.1 Inspeccion insitu

En la inspección insitu se encontró que el área a iluminar es de 523m<sup>2</sup> con un perímetro de 96.00 ml, el área es de forma rectangular según lo detallado en la Figura 22. En el diseño se estimara iluminar esta área según lo que nos indica el Codigo Nacional de Electricidad ( CNE ), respecto a la cantidad de Lumenex recomendados.

Para tal fin se deben de seleccionar paneles fotovoltaicos de potencia adecuada y el sistema de baterías para poder suministrar la carga necesaria a las cargas de alumbrado, la cuales iran de manera independiente en cada arista de esta losa deportiva, siendo 4 torretas individuales, diseñadas de acero al carbono y pintura de protección anticorrosiva para protección ante la interperie.



**Figura 22:** Dimensiones de la Losa Deportiva. – Elaboracion propia.

### **3.1.2 Selección de la inclinación y dirección de los Paneles Fotovoltaicos**

Según la Tabla 1, la inclinación para los Paneles Fotovoltaicos sería de  $15^\circ$  debido a que el lugar de estudio para dicho diseño tiene unas coordenadas de  $12^\circ 08' 24.7'' S$   $76^\circ 58' 40.4'' O$ , por consiguiente la Latitud del lugar es de  $12^\circ$  y encaja en el primer cuadro de recomendación de la tabla.

Debido a que el lugar de estudio se encuentra en el Hemisferio Sur, la dirección del Panel Fotovoltaico debe ser hacia el Norte.

Azimutal de la superficie  $\delta = 0$ , inclinación  $\beta = 15^\circ$ , tomando como referencia la figura 10.

### **3.1.3 Selección del tipo de Sistema Fotovoltaico**

Por conveniencia se opta por diseñar un Sistema Fotovoltaico conectado a la Red, esto quiere decir que en los lapsos en que la batería de almacenamiento no pueda ser autosuficiente para mantener las cargas en funcionamiento, habrá una transferencia entre el sistema fotovoltaico y el suministro eléctrico convencional, quiere decir que cuando la batería no sea capaz de abastecer de energía a las cargas (reflectores), existirá un sistema de emergencia, que consta de un conductor eléctrico conectado a un transformador de 220/12V o 220/24V, para poder garantizar la continuidad del sistema.

### **3.1.4 Selección de Paneles Fotovoltaicos**

En el mercado nacional, al cual obtamos por recurrir dado que los precios de importación son demasiados altos y lo que se desea es poder disminuir costos.

Muchas empresas nacional ya optan por suministrar componentes fotovoltaicos, entre tantas tenemos a OPALUX, la cual distribuye todo el sistema fotovoltaicos y brinda asesoramiento.

Entre todas las opciones de reflectores LED estudiadas en los catalogos, optamos por el modelo RLED-50W, el cual tiene una entrada de energía en corriente directa (DC) de 12V – 24V en luz blanca, un grado de protección IP 65, el cual tiene protección contra el ingreso de agua y polvo, luz blanca frio de 6700k, 2300 ML en nivel de lúmenes y unas dimensiones relativamente pequeñas de 25cmx28cmx7.7xm, lo cual nos permite una reducción de carga para los sopórtes y una fácil maniobrabilidad y mantenimiento. Ahora lo siguiente es determinar el cuadro de cargas de este tipo de luminaria y la cantidad de reflectores necesaria por torreta.

Como seleccionamos los reflectores de 50W, y por cada torreta deberían ir 2 unidades de estos reflectores y la autonomía diaria necesaria es de 6 horas, entonces calculamos el consumo diario ( $C_d$ ) para cada torreta según lo determinado en el apartado 2.2.2.2, formula 1.

$$C_d = P \cdot n \cdot t$$

$$C_d = 50W \cdot 2 \cdot 6h/dia$$

$$C_d = \mathbf{600Wh/dia}$$

Ahora tenemos que analizar la carga diaria ( $C_d$ ) afectada por todas las perdidas a considerar, según las formulas 2 y 3, esto nos sirve para calcular el consumo energético real ( $E$ ) en Wh.

$$E = \frac{\sum E_t}{R}$$

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \left(1 - \frac{K_a N}{P_d}\right)$$



$$E = \frac{\sum E_t}{R = (1 - K_b - K_c - K_v)(1 - \frac{K_a N}{P_d})}$$

$$E = \frac{600Wh/dia}{(1 - 0.1 - 0 - 0.1)(1 - \frac{0.012 \times 1}{0.80})}$$

$$E = 761.42Wh/dia$$

Prosiguiendo es necesario conocer las horas pico solares (HPS) con las que contaremos para captar la mayor cantidad de Irradiación posible, y tal se detalla en la fórmula 4, los valores numéricos de la Irradiación son iguales a las HPS. Tomando como referencia el peor mes del año en torno a la irradiación, tenemos el valor de  $H = 4.5 \text{ kWh/m}^2$ .

$$H \left[ \frac{kWh}{m^2} \right] = I \left[ \frac{kW}{m^2} \right] HPS[h]$$

$$4.5 \left[ \frac{kWh}{m^2} \right] = 1 \left[ \frac{kW}{m^2} \right] HPS[h]$$

$$HPS = 4.5[h]$$

Ahora con el valor de HPS igual a 4.5 horas por día, podemos calcular el número de paneles solares necesarios para nuestra instalación independiente, para tal caso se utiliza la fórmula 5.

Necesitamos conocer la potencia pico ( $W_p$ ) del panel solar que seleccionaremos, en el Anexo 5 se encontrará la ficha técnica del panel solar elegido, el cual es del tipo policristalino en el modelo RED165-36M de un costo aproximado de S/. 859.71 y una potencia pico de 165W.

$$N_p = \frac{E}{0.9E_p(HPS)}$$

$$N_p = \frac{761.42Wh/dia}{0.9 \times 165W(4.5h/dia)}$$

$$N_p = 1.1394$$

$$N_p = 2 \text{ paneles solar}$$

### 3.1.5 Selección de los Reflectores

En el apartado 3.1.4 se selecciono los Reflectores modelo RLED-50W distribuidos a nivel nacional por la empresa OPALUX. El siguiente paso es determinar la cantidad adecuada de estos reflectores para obtener la iluminación adecuada para el normal desarrollo de las actividades deportivas en este espacio, recomendación dada por el CNE que podemos apreciar en la Tabla, la cual es de lumenex 100 lx para entrenamiento de fulbito en espacios exteriores.

Según el apartado 2.2.4.2, el calculo de la cantidad de reflectores seria el siguiente:

Cantidad de Lumenes requerida:  $100 \text{ lx} = 100 \text{ lm/m}^2 = \text{lm}/523\text{m}^2$

Cantidad de Lumenes requerida: 52 300lm

Rendimiento luminoso de 50W: 46 lm/W

Flujo luminoso por reflector:  $50\text{W} \times 46 \text{ lm/W} = 2300 \text{ lm}$

Cantidad de Reflectores = Flujo luminoso por reflector / Cantidad de Lumenes requerida.

Cantidad de Reflectores = Cantidad de Lumenes Requerida / Flujo Luminoso por Reflector.

Cantidad de Reflectores =  $52\ 300 / 6\ 000 = 8.83$

**Cantidad de Reflectores = 8 ( 2 por cada torreta)**

### 3.1.6 Selección de conductores eléctricos

Para la selección del conductor eléctrico, tenemos que evaluar dos parámetro, el primero la corriente de diseño y el segundo la caída de tensión.

Par un sistema monofásico como el que estamos diseñando utilizamos la siguiente formula para evaluar la corriente de diseño conociendo previamente los parámetros de operación:

$$I = \frac{P_{1\phi}}{V_f \text{Cos}\phi}$$

I: Corriente Teorica (A)

Id: Corriente de diseño (A)

P1Ø: Potencia (W)

CosØ: Factor de potencia

$$I = \frac{100W}{12V \times 0.9}$$

$$I = 9.26 A$$

$$I_d = I \times 1.25 = 11.57 A$$

Ahora debemos escoger el conductor eléctrico con las cualidades de protección a la interperie, polvo y humedad, que soporten el valor de la corriente de diseño 11.57 A. En la Tabla podemos observar que para el conductor THW-90 de la marca indeco podemos escoger el conductor THW-90 de sección 4mm<sup>2</sup>, cabe acotar que este tipo de conductor es de bajo halógeno, lo cual emite lo minimo de humo toxico en caso de corto circuito, tiene protección contra el polvo y la humedad.



TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm <sup>2</sup> )								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85

Tabla 8: Conductores eléctricos THW-90 INDECO

Lo siguiente es verificar si la caída de tensión en el conductor seleccionado no supera al 5% que nos indica el CNE, tomando como longitud del conductor 5 metros, que es el tamaño de la torreta que soportara todo el sistema fotovoltaico.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{V \cdot S}$$

$\Delta V$  = Caída de Tension

$\rho$  = Resistividad del conductor (0.0171  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m)

L : Longitud del conductor (m)

S: Seccion del conductor (mm<sup>2</sup>)

P: Potencia (W)

$$\Delta V = \frac{2 \times 0.0171 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \times 5\text{m} \times 100\text{W}}{12\text{V} \times 4\text{mm}^2}$$

$$\Delta V = \mathbf{0.35\text{V}}$$

Entonces tenemos que caída de tensión calculada representa:

$$\Delta V\% = \frac{0.35}{12}$$

$$\Delta V\% = \mathbf{0.029\%}$$

Con esto verificamos que estamos dentro de los parámetros aceptables para la caída de tensión.

### 3.1.7 Selección de Inversor

Como se detallo en el marco teorico del presente trabajo, un inversor de corriente es un dispositivo electrónico cuya función es cambiar el voltaje de entrada de corriente continua, la cual es generada por los paneles fotovoltaicos y almacenada en las baterías, a un voltaje de salida de corriente alterna, que en la mayoría de casos es la mas común a usarse en electrodomésticos domesticos o diferentes sistemas.

Debido a que en el diseño de este sistema de alumbrado se optó por seleccionar reflectores de 12V como carga, el inversor ya no sería necesario para nuestro diseño.

### 3.1.8 Selección de baterías

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías utilizamos la fórmula de la ecuación 7. Donde el consumo energético real ya se calculó previamente y es igual a 761.42 Wh/día, los días de autonomía N es igual a 1 día, V es la tensión nominal de los acumuladores para este caso es 12 V y Pd es la profundidad de descarga de las baterías para este caso 80%.

$$C = \frac{E \cdot N}{V \cdot P_d}$$
$$C = \frac{761.42 \frac{Wh}{día} \cdot 1 \text{ día}}{12V \cdot 0.80}$$
$$C = 79.31 \text{ Ah}$$

Con este valor de capacidad del banco de baterías podemos optar por seleccionar una batería de 80 Ah de capacidad distribuida por la empresa AUTOSOLAR modelo AGM 12V 80Ah Kaise Monobloc, en el ANEXO 6 podemos encontrar la ficha técnica de todos los componentes del sistema fotovoltaico.

#### Batería AGM 12V 80Ah Kaise



**S/.495,80** SIN IGV S/. 420,17 ☆☆☆☆☆

Envío: Envío gratuito a provincias por más de S/. 500

Entrega: **Recójalos el martes 9 de abril en agencia Marvisur de provincias**

Fabricante: Kaise | Cod. Artículo: 1901036

Cantidad:

Figura 23: Batería AGM 12V 80Ah Kaise Monobloc

### 3.1.9 Selección del regulador de carga

Para la selección del regulador de carga es necesario conocer la corriente máxima, para tal fin se utiliza la ecuación 10.

$$I_{max} = I_c \times N$$
$$I_{max} = 8.72 \text{ A} \times 2$$
$$I_{max} = 17.44 \text{ A}$$

Con este calculo se tiene que el regulador de carga debe soportar una corriente máxima igual o mayor a 17.44 A. Para mayor comodidad y por un tema de precios escogeremos los reguladores de carga del tipo PWM, esto nos permitirá proteger las baterías contra descargas excesivas y contra sobrecargas fuera de los parámetros preestablecidos en su tablero de control.

Se obtara por elegir el regulador de carga modelo PWM LCD 20A 12/24V MUST SOLAR, distribuido por la empresa AUTOSOLAR.

#### Controlador PWM LCD 20A 12/24V Must Solar



Figura 24: Controlador PWM LCD 20A 12/24V Must Solar

### 3.1.10 Selección de la Torre de Soporte

Por las condiciones del lugar exterior en el cual se desea instalar el sistema solar, el soporte seleccionado deberá ser una estructura de

acero inoxidable resistente a la humedad, polvo y las diferentes condiciones climáticas. La empresa AUTOSOLAR suministra el poste para paneles solares modelo STP915 de acero inoxidable que cumple normas tales como: DIN/ISO 4759, DIN/ISO 3269, DIN/ISO 3506, DIN/ISO 8992 y DIN/ISO 267. Se tendrá que realizar una variación en su diseño para que pueda soportar dos paneles solares y dos reflectores. Se deberá instalara emperrada en una base de concreto armado.

## # Estructura Columna 1 Panel Solar STP915



**S/.904,21** SIN IGV  
S/. 766,28

Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: **Recójalo el martes 9 de abril en**

Fabricante: Sunfer | Cod. Artículo: 1503409

Cantidad:

**AÑADIR AL CARRITO**

**Figura 25:** Estructura de soporte

### 3.1.11 Presupuesto Inicial

El presupuesto inicial se basa en precios actuales de suministro, mano de obra, gestiones administrativas e ingeniería nacional.

El proyecto se puede llevar a cabo con un presupuesto aproximado de S/. 22 972.43 ( veintidós mil novecientos setentaidos soles con cuarentaitres centavos de sol), su equivalencia en dólar al cambio actual seria \$ 6 940.31 dolares americanos.

Como se puede apreciar el mayor porcentaje del presupuesto es para los paneles fotovoltaicos ocupando el 29.94% del presupuesto total.

Descripcion	Cantidad	Und	PU (S/.)	PARCIAL (S/.)	P.P (S/.)
Paneles	8	Und	859.71	6,877.68	29.94
Baterias	4	Und	495.80	1,983.20	8.63
Reguladores	4	Und	141.52	566.08	2.46
Inversor	0	Und	550.67	0	0
Gabinete Baterias	4	Und	200.00	800.00	3.48
Tablero Electrico	4	Und	800.00	3,200.00	13.93
Cables y canalizacion	1	Glb	625.00	625.00	2.72
Adaptaciones del Proyec.	1	Glb	2500.00	2,500.00	10.88
Estructura de Soporte	4	Und	904.21	3,616.84	15.74
Desarrollo de Diseño	1	Glb	983.63	983.63	4.28
Desarrollo Proyecto	1	Glb	1400.00	1,400.00	6.11
Gestiones Administrativas	1	Glb	420.00	420.00	1.83
<b>TOTAL</b>				<b>22,972.43</b>	100

Tabla 9: Presupuesto inicial del proyecto

### 3.1.12 Reentabilidad del proyecto

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se hará uso de los siguientes indicadores:

**Valor Actual Neto (VAN):** Nos mostrara en el presente el valor de los flujos de dinero a una tasa de descuento.

**Tasa de Interna de Retorno (TIR):** Representa la rentabilidad porcentual del proyecto.

Otro indicador será la **relación beneficio costo**.

#### 3.1.12.1 Inversion

Suponiendo que la inversión del proyecto sea asumida en la totalidad por la persona o empresa a consecionarsele el espacio deportivo (monto: S/. 22,972.43).



### 3.1.12.2 Tasa de Descuento

Esta tasa representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto de acuerdo a su riesgo. Además, al obtenerla podremos utilizarla para conocer el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

Según lo indicado, la tasa efectiva anual del banco de la nación se muestra en la tabla N° 9.

Credito a Micro Empresa	Tasa Efectiva Anual
Banco de la Nacion	17.52%

Tabla 10: Simulador de préstamo del Banco de la Nación.

### 3.1.12.3 Horizonte del Proyecto

El horizonte del proyecto es de 20 años.

### 3.1.12.4 Flujo de Caja proyectado

El flujo de caja proyectado permitirá observar los ingresos y los egresos. Se proyectara para un horizonte de 20 años.

Equipos	Vida Util (años)	Costo Total (S/.)	Depreciacion (S/.)
Paneles	20	6,877.68	343.88
Baterias	10	1,983.20	198.32
Reguladores	10	566.08	56.60
Gabinete Baterias	20	800.00	40.00
Tableros Electricos	10	3,200.00	320.00
Cables y Canalizacion	10	625.00	62.50
Estructura de Soporte	10	3,616.84	361.68

Tabla 11: Depreciacion Anual de los Equipos – Elaboracion propia.

### 3.1.12.5 Estructura del Flujo de Caja

Los componentes del flujo de caja son la inversión inicial, los diferentes ingresos y egresos que se darán durante el tiempo de operación del proyecto.

### 3.1.12.6 Valor Actual Neto (VAN)

El criterio para evaluar la rentabilidad del proyecto se basa en la evaluación presente y futura de los costos y beneficios esperados, medidos a través de la construcción de flujos de caja. Con estos flujos se determina si el VAN del proyecto es positivo, eso quiere decir que el proyecto es rentable.

Usando la siguiente fórmula calculamos el VAN:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

$F_1$ : son los flujos de dinero en cada periodo  $t$

$I_0$ : Es la inversión realizada en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$ : es el número de periodos de tiempo

$k$ : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El proyecto se acepta siempre y cuando el VAN sea mayor a cero, caso contrario se rechaza. La tasa de descuento anual (costo de capital) con la que se ha evaluado la inversión es del 17.52%.

	Inversion	Año 00	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10
<b>INGRESOS</b>		22,972.43										
<b>EGRESOS</b>	Fondos generados		90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00
	<b>Mantenimiento</b>		76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00
	<b>Depreciacion de equipos</b>		1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98
	Paneles		343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88
	Baterias		198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32
	Reguladores		56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60
	Gabinete Baterias		40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	Tableros Electricos		320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
	Cables y Canalizacion		62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50
	Estructura de Soporte		361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68
		-										
	Flujo de Efectivo Neto	22,972.43	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>

	Inversion	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
<b>INGRESOS</b>		22,972.43									
<b>EGRESOS</b>	Fondos generados		90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00
	<b>Mantenimiento</b>		76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00
	<b>Depreciacion de equipos</b>		1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98	1,382.98
	Paneles		343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88	343.88
	Baterias		198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32	198.32
	Reguladores		56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60
	Gabinete Baterias		40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	Tableros Electricos		320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
	Cables y Canalizacion		62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50
	Estructura de Soporte		361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68	361.68
		-									
	Flujo de Efectivo Neto	22,972.43	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>	<b>11,817.02</b>

<b>TASA</b>	<b>18%</b>
<b>VAN</b>	<b>41,336.89</b>
<b>TIR</b>	<b>51%</b>

Tabla 12: Flujo de caja proyectado en horizonte de 20 años, con cuotas del Banco de la Nacion –  
Elaboracion Propia

Con estas consideraciones obtenemos nuestro VAN donde podemos concluir que el proyecto es económicamente rentable durante los 20 años de operación del proyecto.

TIR (%)	VAN (S/.)	Decision
51%	41,336.89	El proyecto es rentable

Tabla 13: Valor Actual Neto del Proyecto – Elaboracion Propia

Ahora evaluaremos los beneficios para el medio ambiente:

1 kWh de electricidad es equivalente a 0,6593 kg de  $CO_2$ <sup>7</sup>

Si se ejecutará el proyecto entonces considerando el consumo diario de energía promedio diario que es de: 2.4kWh (Tabla 5). Entonces se dejará de emitir al medio ambiente 1.58 kg de  $CO_2$ , a simple vista parece muy poco, pero si nos ubicamos a nivel Lima, existen 1726 espacios deportivos<sup>8</sup> nos da una disminución en emisiones de  $CO_2$  de 2,727.08 kg de  $CO_2$

<sup>7</sup> FONAM, documento de diseño de proyecto (PDD) “Central Hidroelectrica OLMOS”, aprobado por la junta ejecutiva de MDL de la CMNUCC. Ultimo factor de emisión valido para el Perú. Valor del año 2011.

<sup>8</sup> Fuente IPD. ¿Cómo vamos en deporte? – 2012.

### 3.2 Resultados

<b>CARACTERISTICAS DE LA CARGA</b>					
		<b>Voltaje</b>	<b>Potencia</b>	<b>Horas/dia</b>	<b>Vatios-hora/dia</b>
8	Reflector Led	12 V	50 W	6 h	2400 Wh/dia
	<b>TOTAL</b>	<b>12 V</b>			<b>2400 Wh/dia</b>
<b>CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y UBICACION</b>					
Lugar					Lima
Horas Pico Solares (HPS)					4.5 h
Latitud					12°
<b>CARACTERISTICAS DEL SISTEMA</b>					
Energia total a suministrar					2400 Wh/dia
Voltaje					12 V
Autonomia					1 dia
<b>ESPECIFICACIONES DEL PANEL FOTOVOLTAICO</b>					
Energia del panel					5940 Wh/dia
Potencia del panel					165 W
Voltaje del panel					12 V
Corriente del panel					8.72 A
Inclinacion					15°
Voltaje del modulo					12 V
Corriente de corto circuito del modulo					9.85 A
Corriente nominal del modulo					12 V
<b>ESPECIFICACIONES DE LA BATERIA</b>					
Capacidad del banco para profundidad de descarga diaria					317.24 Ah
Capacidad del banco para autonomia					389.54 Ah
Voltaje del banco					12 V
Total de baterías					4

Lo resultados generales de los cálculos arrojan que el proyecto de dimensionamiento requiere los siguientes elementos:

- 4 baterias AGM 12V 80Ah Kaise Monobloc
- 4 Controladores PWM LCD 20ª 12/24V Must Solar
- 8 Reflectores Opalux RLED – 50W
- 8 Paneles Solares Monocristalinos RED 165 – 36M con 36 Celulas de alto rendimiento.
- 4 Estructuras Columna STP 915

Asi mismo, los resultados de rentabilidad económica y ambiental resultaron favorables con parámetros de VAN:41,336.89 y TIR: 51%, el VAN es calculado es mayo a 0, lo cual lo hace rentable al proyecto, y el TIR es mayor que la TASA considerada (10%) lo cual también lo hace rentable. El factor ambiental también es favortable con una misminucion de emisiones de 1.58 kg de  $CO_2$ , lo cual nos permite proyectar una misminucion miles de veces mayor aplicándolo a los miles de espacios deportivos existentes en nuestro país.

Tenemos que hacer un incapie en la rentabilidad técnica, dado que los cálculos en el software DiaLux no fueron favorables para la utilización de 8 reflectores LED de 50W, quedando los niveles de iluminación muy por debajo de los que tomamos como referencia (100lx), por lo cual se realizo un segundo diseño, esta vez utilizando 12 reflectores LED de 400W y distribuidos en las aristas y la parte central del campo, esto nos brinda una medida de lumenex mayor a los 100lx que tomamos como referencia, lo cual haría el proyecto técnicamente rentable.

Estos diseños se pueden apreciar en los anexos.

## CONCLUSIONES

1. El dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” es básicamente un sistema de generación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos para poder cubrir la demanda de energía eléctrica de 8 reflectores LED de 50W a través del almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos en 4 baterías para una loza deportiva en horario nocturno cumpliendo con los niveles recomendados por la norma N° 017-AI-1/1982 que es 100 Lux.

2. Los componentes que intervienen en el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” son los siguientes: 4 torres independientes, en las cuales irán montados dos paneles solares de 165W de potencia, dos reflectores LED de 50W de potencia, conectados por conductores THW-90 de un sección nominal de 4mm<sup>2</sup> con canalización de tuberías conduit empotradas en la estructura metálica de soporte, una batería de 12V para cada torre y 80 Ah con una profundidad de descarga del 80%, no se contará con inversor dado que no es necesario por que las cargas son reflectores de 12V, un regulador de carga en cada torreta de 20A de corriente.

3. La rentabilidad del dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para la loza deportiva de la Asociación de Vivienda “6 de Julio” en el factor económico, es rentable según lo demostrado con el cálculo de los parámetros VAN y TIR.

En lo ambiental también es rentable con una eliminación de emisión de CO<sub>2</sub> de 1.54 kg.

En lo técnico, el proyecto no es rentable, según los cálculos en el software DiaLux, los resultados obtenidos están muy por debajo del valor de lumenex referencial (100lx).

## RECOMENDACIONES

1. Tomar este estudio como referencia para poder determinar el impacto social que tendría la implementación de espacios deportivos usando energías renovables en la población con la finalidad de repercutir en la inseguridad y generación de valores en la población.
2. Utilizar componentes de buena calidad y procedencia en el mercado nacional, dado que se puede encontrar todos los componentes a la venta en mercados informales sin ningún tipo de garantía técnica.
3. El estado debería promover políticas de incentivo para el uso de energías renovables tanto en espacios recreativos o de esparcimiento, como en el uso domestico, como se hace en Europa, específicamente en España que legislan con leyes a favor de la masificación de este tipo de instalaciones de generación eléctrica domiciliaria lo cual repercute en la disminución de precios de los componentes fotovoltaicos.
4. Se recomienda el uso de luminarias tipo LED y de electrodomésticos de eficiencia A, dado que la reducción en la carga necesaria ayuda a que el sistema se convierta técnicamente en eficiente.
5. Se recomienda la implementación de sistemas fotovoltaicos como una fuente de suministro eléctrico para diferente tipo de instalaciones eléctricas, por ser una energía limpia y libre.
6. Se recomienda seleccionar 12 luminarias LED de 400W y ubicarlas de acuerdo al Diseño 2 de los anexos para poder llegar a los niveles adecuados de iluminación.



## BIBLIOGRAFIA

Alvarado (2015), realizo la tesis: *Diseño y Construcción de un Sistema de Iluminación Autosustentable Fotovoltaico para una Parada de Buses y su Valla Informativa del Sistema Integrado de Transporte de Cuenca*, en la Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.

Cieza, J. (2017). Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico para las Instalaciones Electricas de Alumbrado en el Hostal Lacelot Ubicado en Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque.

Freire (2013), realizó la tesis: *Alternativas de Iluminación para el Parque El Paraíso de la Ciudad de Cuenca*, en la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Generacion de Energia Electrica con Sistemas fotovoltaicos conectados a Red. (s.f.). Recuperado el 15 de mayo del 2019, de <https://www.institutotecnologico.es/curso/5424/GENERACION-DE-ENERGIA-ELECTRICA-CON-SISTEMAS-FOTOVOLTAICOS-CONECTADOS-A-RED/>

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (2010). Instalacion con energía Solar. Norma EM.080. Lima. Orbegozo, C.

Muñiz, J. M. (2007). Energia Solar Fotovoltaica. Madrid: Fundacion Confemental.

Nuñez, T. y Cruz, V., (2013). Diseño de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica – Aplicaciones en el Perú. Revista PAIDEA XXI, 3(4), pp. 160-170.

- Organización Latinoamericana de Energía (2012). Cobertura Electrica en America Latina y El Caribe. Quito: Gabriel Hernandez.
- Pareja, M. Energia Solar Fotovoltaica: Calculo de una instalación aislada. 1ra Edicion. Madrid:Marcombo, 2010.
- Raboso, A. (2013). Realizo la tesis de Magister: Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilizadora desalinizadora autónoma, en la Universidad Internacional de Andalucia. España.
- Rivas, P. (2019). Paneles Solares Fotovoltaicos. ¿Cuál elegimos?. Recuperado de <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Rodriguez, E. (2019). ¿Que son los Paneles Solares?. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Segovia, Palomino y Palacios (2015), realizaron la tesis: *Paneles Fotovoltaicos, como Suministro de Respaldo al Sistema de Distribución Eléctrica en la FIEE de la UNAC*, en la Universidad Nacional del Callao, Perú.
- Tello (2016), realizó la tesis: *Estudio Técnico y Económico de Utilización de Luz Solar para Iluminación de Cancha Deportiva Techada en la UTFSM*, en la Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Yepez, A. (2019). Conductor, semiconductor y aislantes. Recuperado de <https://mundorobotica.wixsite.com/robotica/conductores-semiconductores>
- Zitzer, A. (2015). Sistema Fotovoltaico Autonomo. Recuperado de [http://perso.orange.es/marisolroj/x\\_fotov\\_230V.htm](http://perso.orange.es/marisolroj/x_fotov_230V.htm)

¿Cuánta energía se puede extraer de la radiación solar?. (s.f.). Recuperado el 15 de mayo del 2019, de [www.energeticafutura.com](http://www.energeticafutura.com)

Generacion de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos conectados a la red (s.f.). Recuperado el 05 de mayo del 2019, de <https://www.sanea.org/curso/5424/GENERACION-DE-ENERGIA-ELECTRICA-CON-SISTEMAS-FOTOVOLTAICOS-CONECTADOS-A-RED/>

Ministerio de Energia y Minas. (2006). Codigo Nacional de Electricidad – Utilizacion. Perú.

# **ANEXOS**

## FICHAS TECNICAS



### Panel solar monocristalino RED165-36M con 36 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, triple busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

#### La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

#### Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 19,75% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su triple busbar reduce las pérdidas de potencia.

#### Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja tedlar por ambas caras de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en instalaciones, integraciones y todo tipo de proyectos.

#### Características destacadas

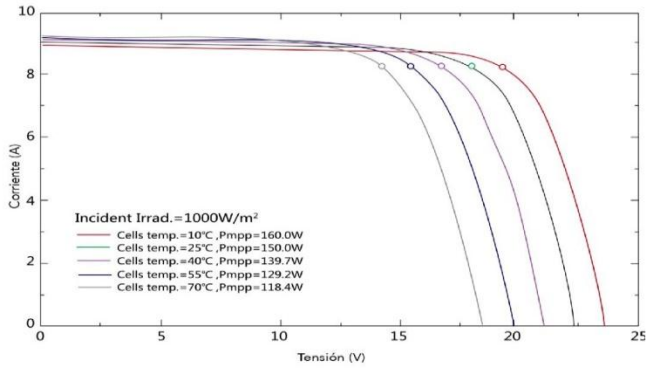
- Células solares de alta eficiencia con cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras. Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado en negro.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

#### Garantías

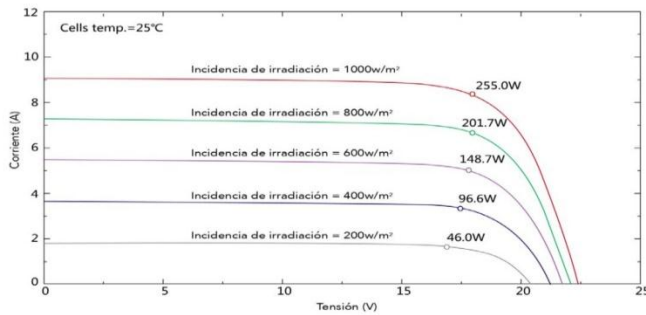
- 10 años por defecto de fabricación
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada



## FICHAS TECNICAS



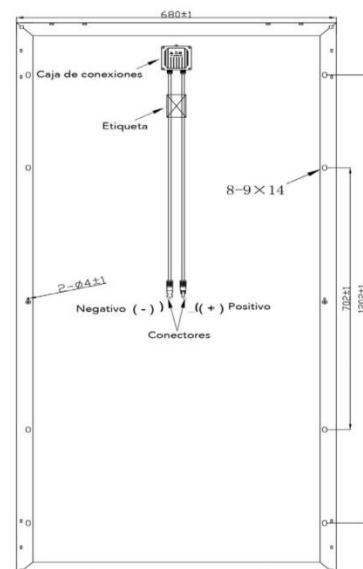
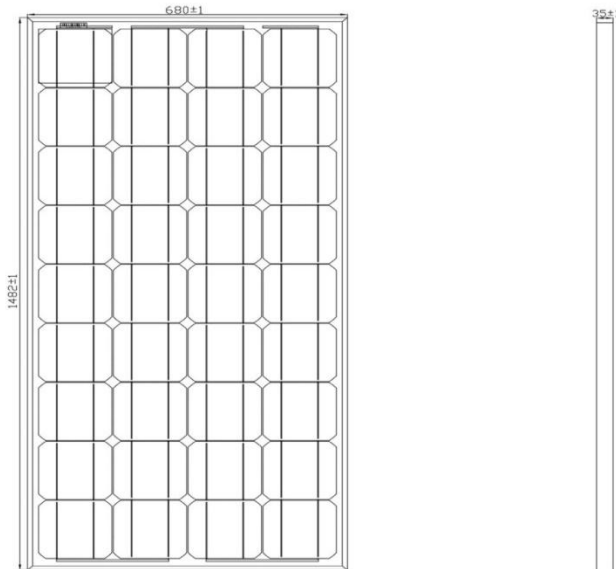
Curvas I-V a diferentes temperaturas



Curvas I-V a diferentes irradiancias

Especificaciones	
Modelo	RED165-36M
Potencia máxima (Pmax)	165W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	18,92V
Tensión de corriente máx. (Imp)	8,72A
Tensión de circuito abierto (Voc)	22,71V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,85A
Eficiencia de célula (%)	19,75%
Máxima tensión del sistema (V)	DC 1000V
Coef. de temp Isc (%)/°C	0,037%/°C
Coef. de temp Voc (%)/°C	-0,34%/°C
Coef. de temp Pmax (%)/°C	-0,48%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (mm)	Monocristalino (156mmx156mm)
Nº de células	36
Tipo de conectores	MC4
Peso (kg)	12
Dimensiones (mm)	1482x680x35

Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5,1000W/m<sup>2</sup>, 25°C.



## FICHAS TECNICAS

ENERGÍA SOLAR / LUCES LED 12V

### RLED-50W Reflector LED 12V SMD 50W

Reflector LED SMD 50W

Entrada: DC 12-24V Luz blanca

(Alto 25 x largo 28 x ancho 7.7 cms)

AÑADIR A PEDIDO

Código Producto: RLED-50W

Categorías: [Luces led 12v](#), [Reflectores LED 12v](#)

Marca: [Opalux](#)



#### DESCRIPCIÓN

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

### Reflector LED SMD 50W

Entrada: DC 12-24V Luz blanca

Protección IP65

Blanco frío 6700K

LED: 32 LED SMD

Lumenes: 2300ML 10%

(Alto 25 x largo 28 x ancho 7.7 cms)

## FICHAS TECNICAS



empresa Mexans

### TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm<sup>2</sup>)

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603



## FICHAS TECNICAS



### KBAS12800 12V 80Ah

The Kaise Solar range is mainly used in the renewable energies industry, given their optimal performance in cyclic use. With lower acid density, excess of electrolyte and larger distance between plates the batteries maintain a low temperature and also slows down the plate grid corrosion speed. These batteries have a unique plate grid configuration which, alongside the high quality AGM separator and the battery management system, ensures the batteries have a longer service life. The valves were specially designed to control water loss and prevent air and other elements from getting in.

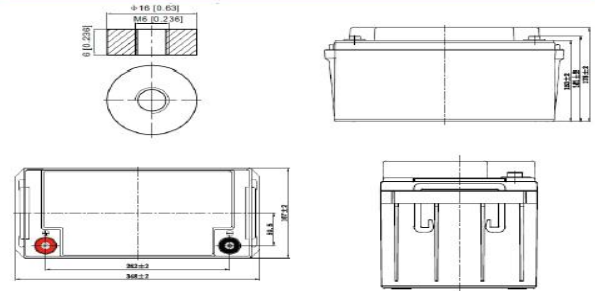
#### Performance Characteristics

Nominal Voltage	12V	
Dimensions	Length (mm / inch)	348 / 13.7
	Width (mm / inch)	167 / 6.57
	Height (mm / inch)	178 / 7.01
	Total Height (mm / inch)	178 / 7.01
Approx. Weight	(Kg / lbs) 19.2 / 42.3	
Design Life	8 - 12 years	
Terminal	M6	
Container Material	ABS	
Rated Capacity	80.0 Ah / 0.80 A	(100hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	65.0 Ah / 3.25 A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	62.1 Ah / 6.21 A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	53.6 Ah / 10.72 A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	37.5 Ah / 37.5 A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max. Discharge Current	780A (5s)	
Internal Resistance	Approx 7.3mΩ	
Operating Temp. Range	Discharge : -15 – 50°C (5 – 122°F)	
	Charge : 0 – 40°C (32 – 104°F)	
	Storage : -15 – 40°C (5 – 104°F)	
Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)	
Cycle Use	Initial Charging Current less than 16A	
	Voltage: 14.4V – 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient: -30mV/°C	
Standby Use	Initial Charging Current less than 16A	
	13.5V – 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient: -20mV/°C	
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Self Discharge	Fully charged Kaise Solar Series batteries may be stored for up to 6 months at 25°C (77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

#### Constant Current Discharge (Amperes) at 77°F (25°C)

Volts/cell	15min	30min	45min	1h	5h	10h	20h	100h
1.80V	85.9	55.7	40.8	32.7	10.47	6.21	3.25	0.80
1.75V	93.8	58.7	42.8	34.2	10.72	6.27	3.29	0.83
1.70V	100.1	61.4	44.3	35.6	10.97	6.33	3.32	0.86
1.65V	105.1	63.3	45.8	36.6	11.18	6.40	3.37	0.89
1.60V	109.3	65.0	47.4	37.5	11.38	6.48	3.38	0.91

#### Dimensions and Terminal (Unit: mm (inches))



#### Applications

- Renewable Energy
- Alarm systems
- Electric Test Equipment
- Emergency lighting systems
- Marine equipment
- Telecommunications systems

#### Certifications

ISO 9001:2008 ISO 14001:2008



#### Discharge Current vs. Discharge Voltage

Final discharge voltage V <sub>CELL</sub>	1.8	1.75	1.7	1.6
Discharge current (A)	I ≤ 0.1CA	0.25CA ≥ I > 0.1CA	0.55CA ≥ I > 0.25CA	I > 0.55CA

#### Constant Power Discharge (Watts per cell) at 77°F (25°C)

Volts/cell	15min	30min	45min	1h	5h	10h	20h
1.80V	158.1	104.6	77.9	62.8	20.4	12.27	6.43
1.75V	170.5	109.3	80.9	65.3	20.9	12.38	6.50
1.70V	179.5	113.6	83.4	67.7	21.3	12.49	6.56
1.65V	186.9	116.3	85.4	69.1	21.6	12.61	6.64
1.60V	191.2	118.4	87.9	70.5	21.9	12.74	6.66

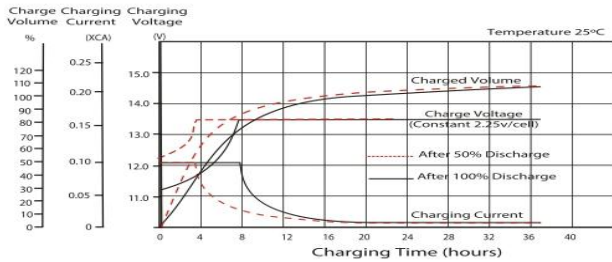
(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycles not the minimum values.

# FICHAS TECNICAS

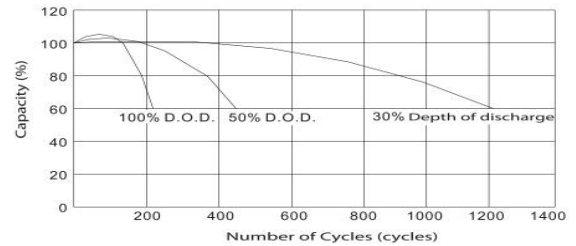
## KBAS12800 12V 80Ah



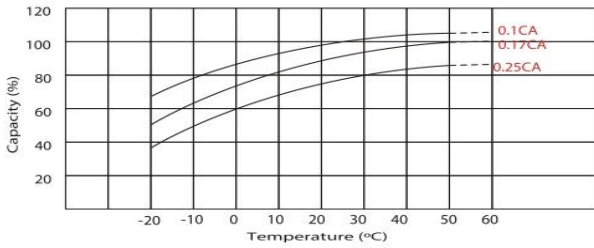
### Charging Characteristic (float use)



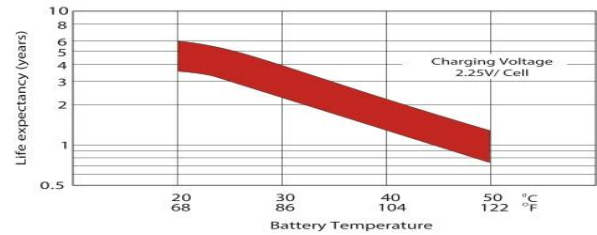
### Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



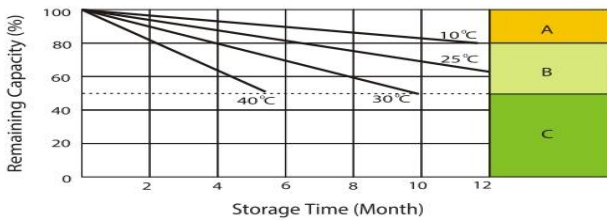
### Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



### Effect of Temperature on Long Terme Float Life



### Self Discharge Characteristics



- A** With switch regulator (two-step controller) charge on curve max. charge voltage for max. 2 hrs/day then switch over to continuous charge.
- B** Standard charge without switching.
- C** Boost charge (Equalizing charge with external generator) charge on curve continous charge for max. 5 hrs/month, then switch over to curve Standard charge.

IMPORTANT NOTE: The specifications presented herein are subject to revision without notice.

Contacto  
[energy@tempelgroup.com](mailto:energy@tempelgroup.com)  
[www.tempelgroup.com](http://www.tempelgroup.com)

Tempel Group en el mundo  
 BARCELONA · MADRID · VALENCIA · BILBAO · SEVILLA · LISBOA · PORTO · BUENOS AIRES · LIMA  
 SANTIAGO DE CHILE · BOGOTÁ · SÃO PAULO · MÉXICO DF · CIUDAD DE PANAMÁ · MONTEVIDEO · QUITO



**Tabla I**

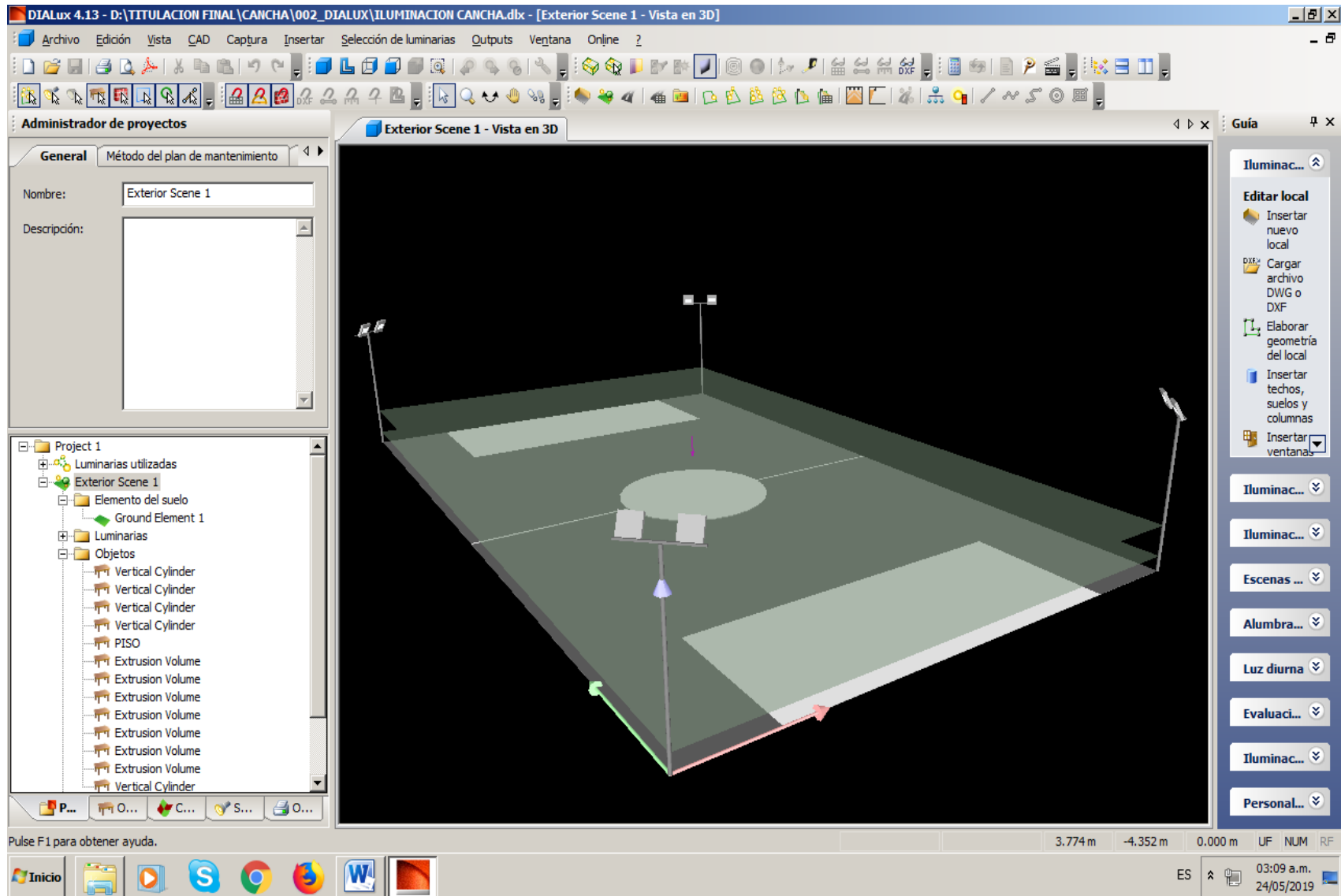
**CATEGORÍAS DE ILUMINACIÓN Y VALORES DE ILUMINACIÓN PARA  
TIPOS GENÉRICOS DE ACTIVIDADES EN INTERIORES**

<b>Tipo de Actividad</b>	<b>Categoría de Iluminación</b>	<b>Iluminación Nominal lx</b>
Espacios públicos con alrededores oscuros.	A	20 – 30 – 50
Simple orientación para visitas cortas temporales.	B	50 – 75 – 100
Recintos de trabajo donde las tareas visuales sólo ocasionalmente.	C	100 – 150 – 200
Realización de tareas visuales de gran contraste o gran tamaño.	D	200 – 300 – 500
Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño.	E	500 – 750 – 1000
Realización de tareas visuales de bajo contraste muy pequeño tamaño.	F	1000 – 1500 – 2000
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño a través de un prolongado periodo.	G	2000 – 3000 – 5000
Realización de tareas visuales muy prolongadas y exactas.	H	5000 – 7500 - 10000

**Tabla VII**  
**ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA LOCALES DEPORTIVOS**

1	2		3		4		5
Tipo de local deportivo o deporte	Iluminación Nominal horizontal		Uniformidad $G_h = E_{\min}/E_h$		Tipo de lámpara		Observaciones
	Entrenamiento Lux	Competencia Lux	Entrenamiento Lux	Competencia	Entrenamiento Lux	Competencia	
Fútbol, atletismo (exterior) Distancia del espectador al deportista hasta: 120 m 160 m 200 m	100	-	1:3	-	a,c,d,e	-	<p><u>Al exterior</u> Disposición de las lámparas a lo largo de los lados fuera del campo deportivo La altura de las fuentes de luz se deben fijar tomando en consideración el deslumbramiento y la distribución de la iluminación. La altura para el tenis debe ser no menor de 9m para un campo y de 12m para dos campos deportivos.</p> <p><u>Al Interior</u> Techo claro con un grado de reflexión mayor a 0.70, es exigible. Para los límites de deslumbramiento se debe considerar el punto 4.4 para las instalaciones se debe seleccionar la clase de calidad. 1.  Para el tenis la disposición de las lámparas desde ser a lo largo de los lados del campo deportivo.</p> <p>*alumbrado adicional sólo para el ring.</p>
Fulbito, basquetbol, voleibol - Exterior - Interior	100	200	1:2	1:1.5	a,c,d,e	a,d	
Tenis, Badminton - Exterior - Interior	200	400	1:2	1:1.5	a,b,d,e	a,b,d	
Tenis de mesa, esgrima (int.)	300	500	1:2	1:1.5	a,b,d,e	a,b,d	
Boxeo (interior)	300	1500*	1:2	1:1.5	a,b,d,e	a,d *	
Lucha, Judo, Karate, Levantamiento de pesas, ciclismo (interior)	200	400	1:2	1:1.5	a,b,d,e	a,b,d	

# DISEÑO 1



**Administrador de proyectos**

Geometría Superficie de cálculo Nombre

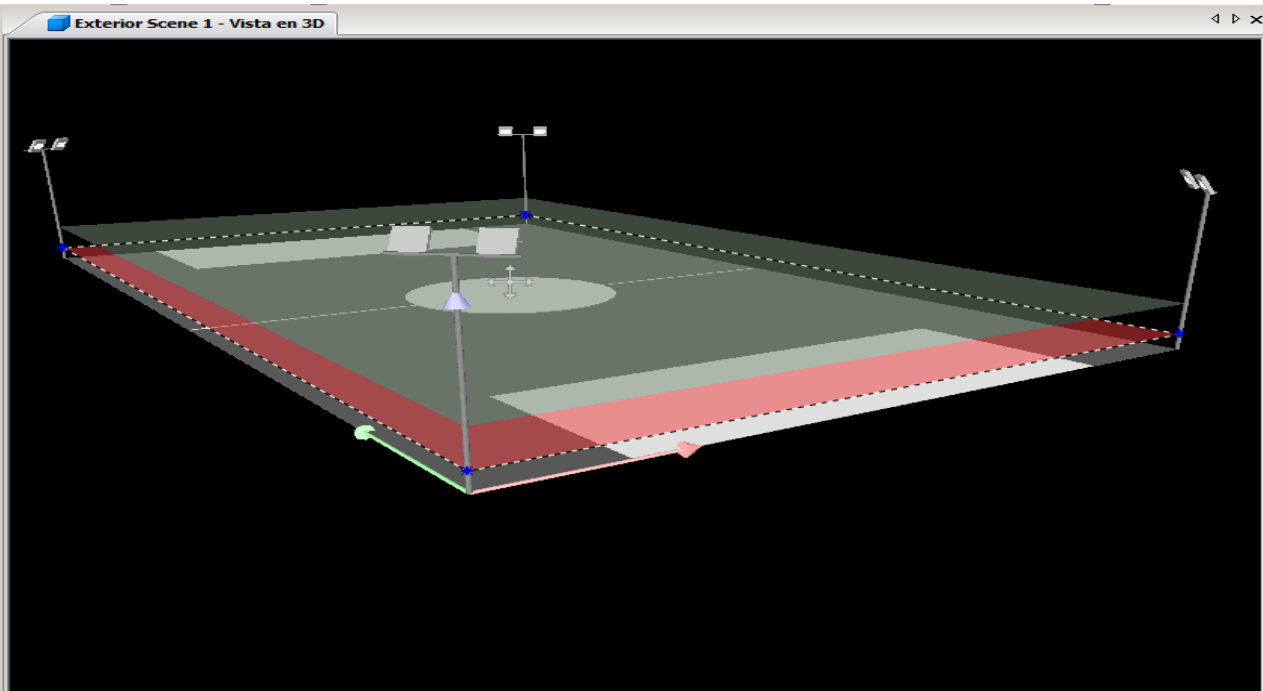
Posición del origen del objeto  
 X: 9.000 m Y: 15.000 m Z: 0.500 m

Tamaño  
 L: 18.000 m A: 30.000 m Al: 0.000 m

Rotación  
 X: 0.0 ° Y: -0.0 ° Z: -0.0 °

- Elemento del suelo
- Luminarias
- Objetos
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - PISO
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Vertical Cylinder
- Superficie de cálculo
  - ALTURA DE BALON
  - ALTURA DE VISION

P... O... C... S... O...



**Administrador de proyectos**

Geometría Superficie de cálculo Nombre

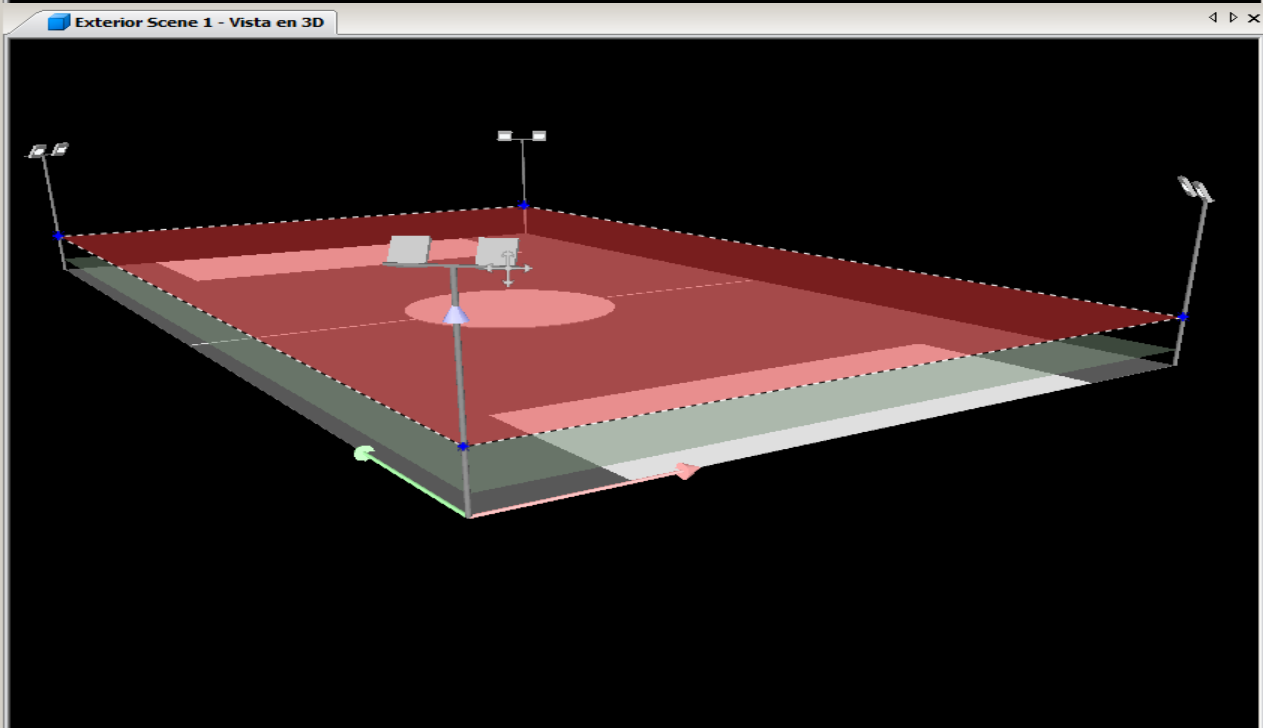
Posición del origen del objeto  
 X: 8.998 m Y: 15.000 m Z: 1.500 m

Tamaño  
 L: 18.005 m A: 30.000 m Al: 0.000 m

Rotación  
 X: 0.0 ° Y: -0.0 ° Z: -0.0 °

- Elemento del suelo
- Luminarias
- Objetos
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - Vertical Cylinder
  - PISO
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Extrusion Volume
  - Vertical Cylinder
- Superficie de cálculo
  - ALTURA DE BALON
  - ALTURA DE VISION

P... O... C... S... O...



## Project 1 / Lista de luminarias

8 Pieza

PHILIPS BVP650 T25 1 xLED100-4S/740 DM10

N° de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 8800 lm

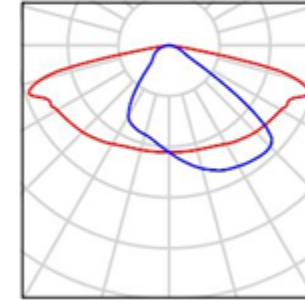
Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm

Potencia de las luminarias: 58.0 W

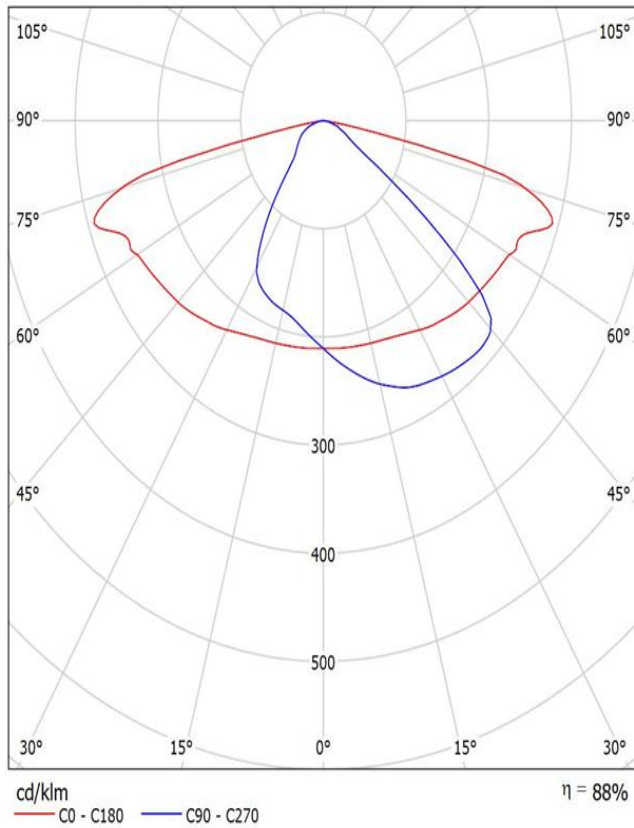
Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 39 73 96 100 88

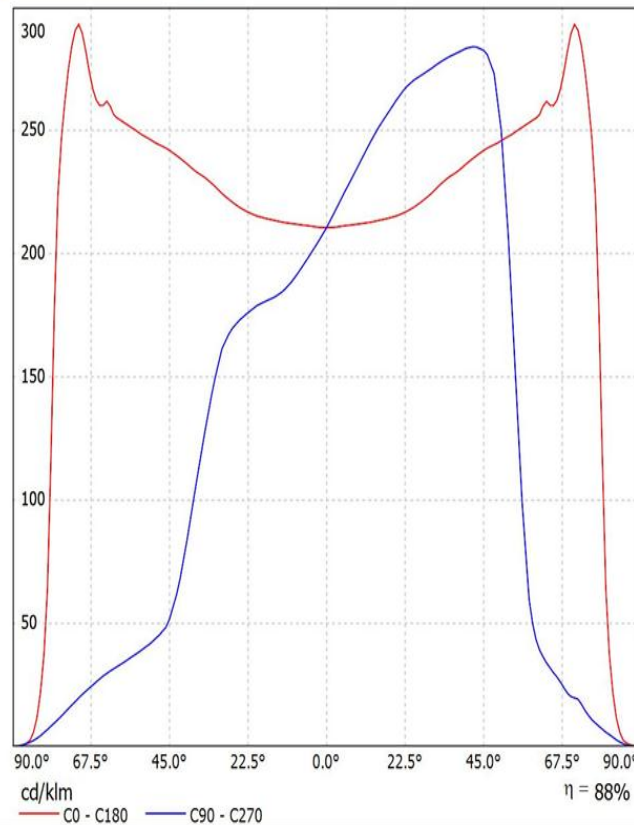
Lámpara: 1 x LED100-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



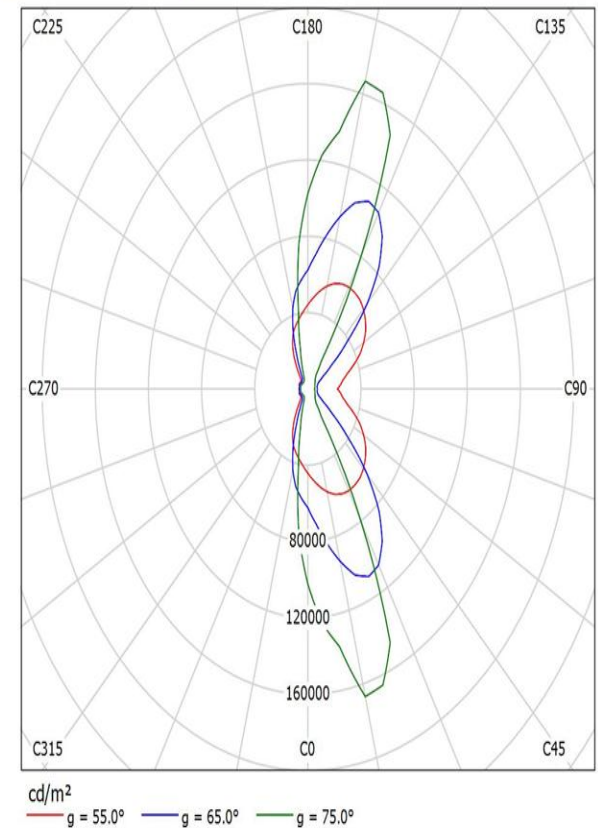
Exterior Scene 1 - Vista en 3D CDL (Polar)



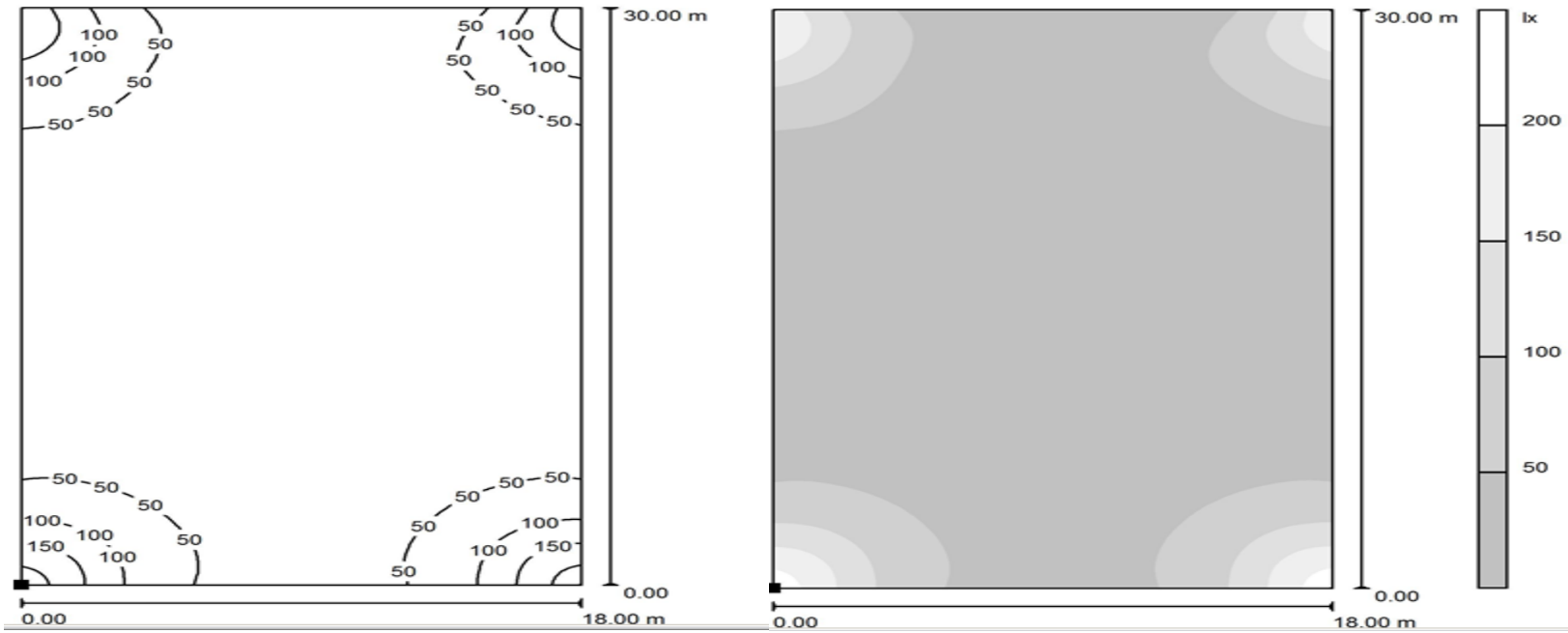
Exterior Scene 1 - Vista en 3D CDL (Lineal)



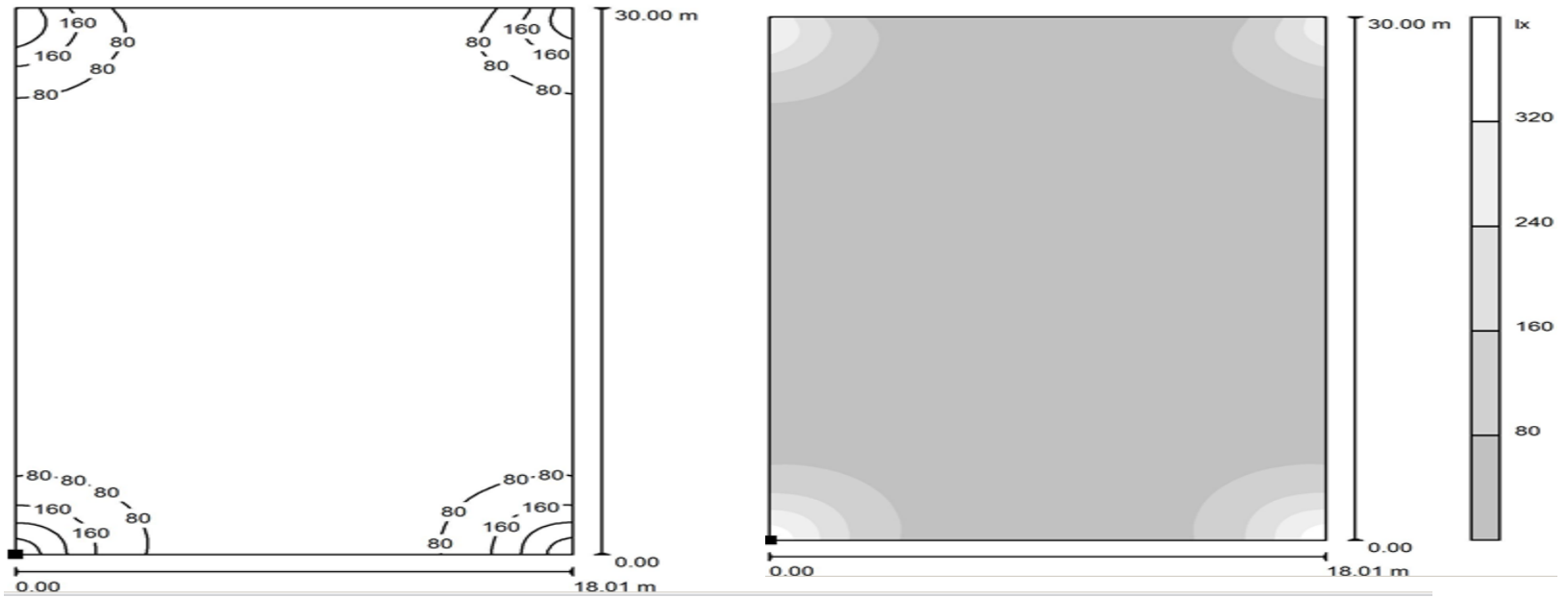
Exterior Scene 1 - Vista en 3D Diagrama de densidad lumínica



**Exterior Scene 1 / ALTURA DE BALON / Isolíneas (E, perpendicular)**

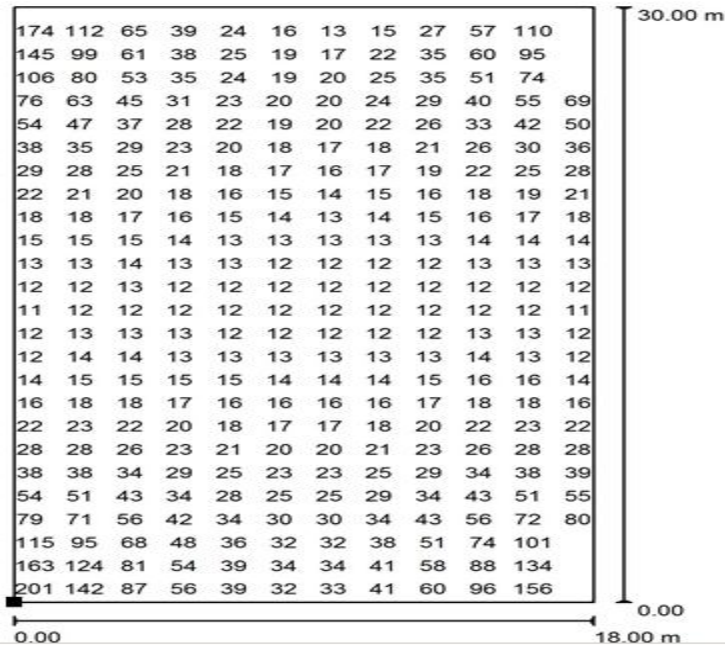


**Exterior Scene 1 / ALTURA DE VISION / Isolíneas (E, perpendicular)**

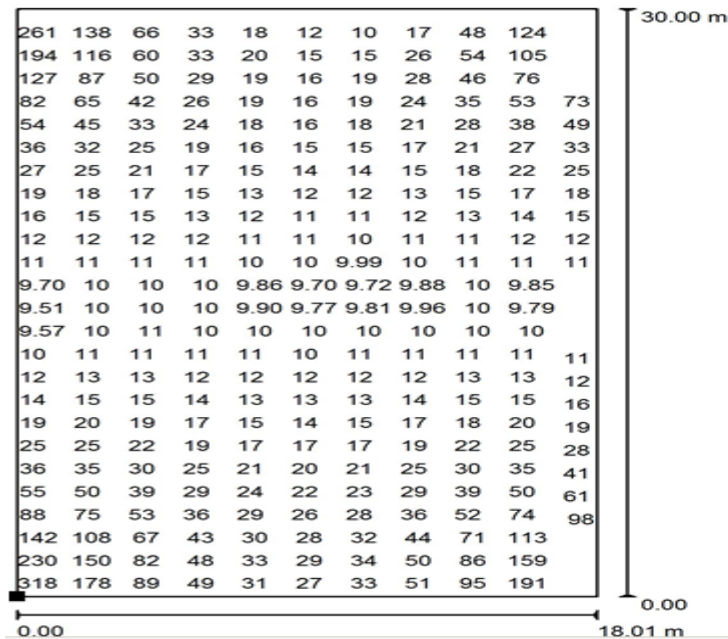




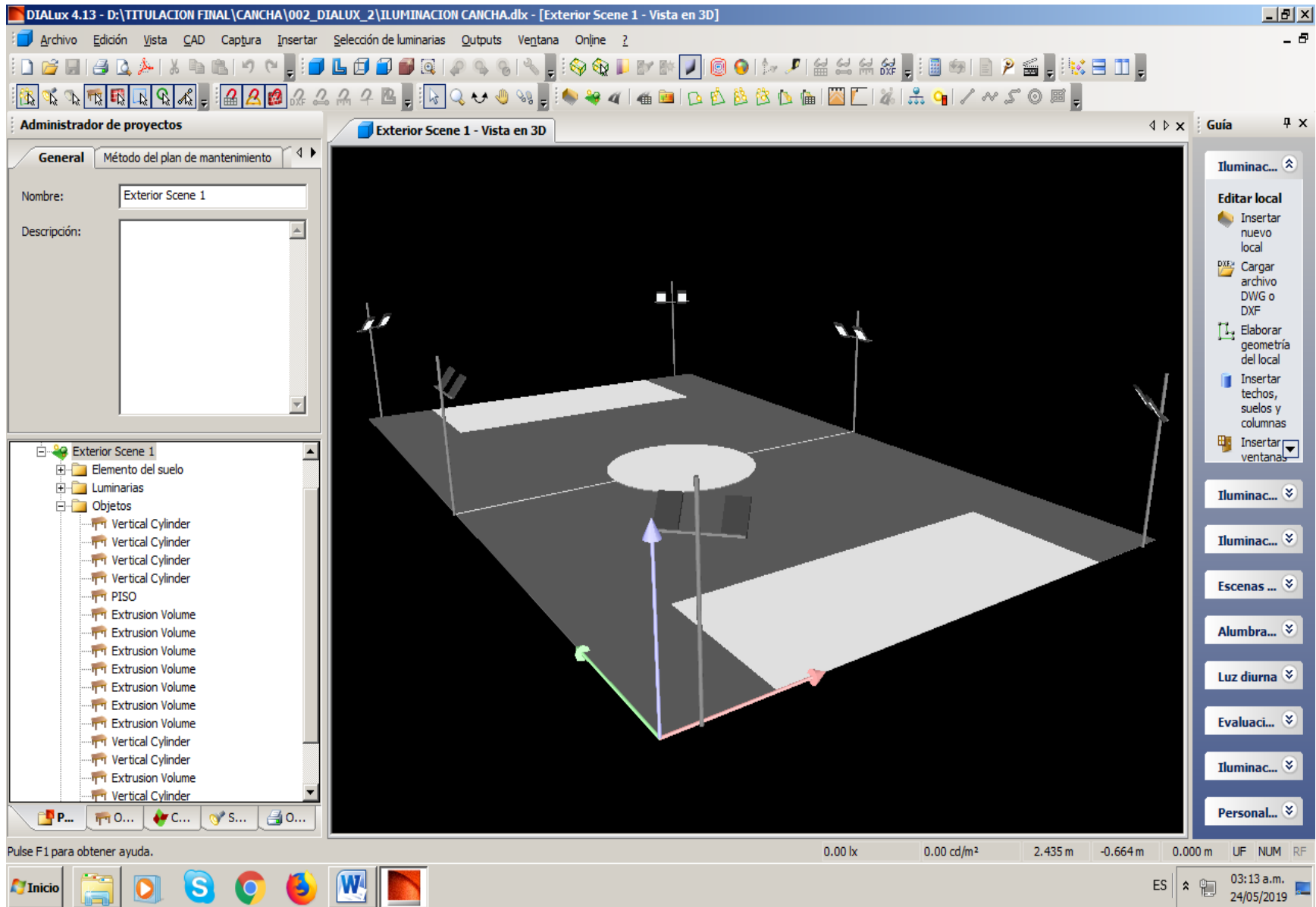
**Exterior Scene 1 / ALTURA DE BALON / Gráfico de valores (E, perpendicular)**



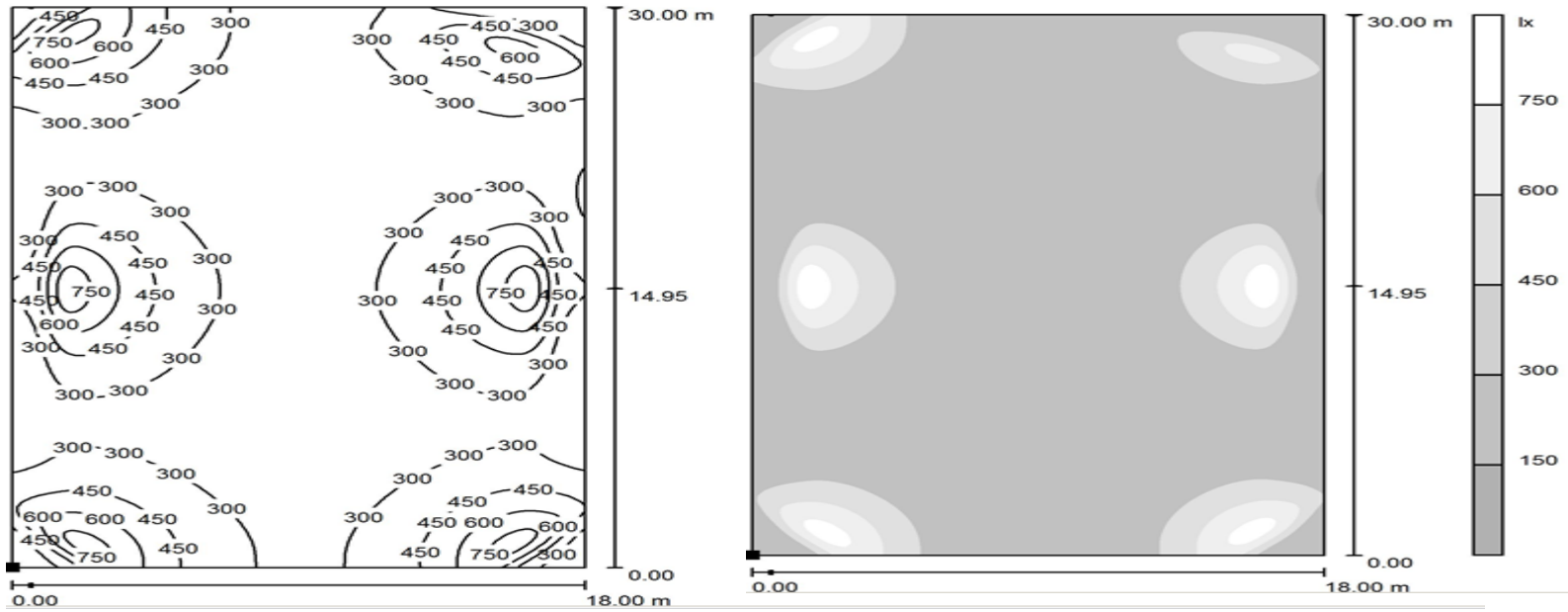
**Exterior Scene 1 / ALTURA DE VISION / Gráfico de valores (E, perpendicular)**



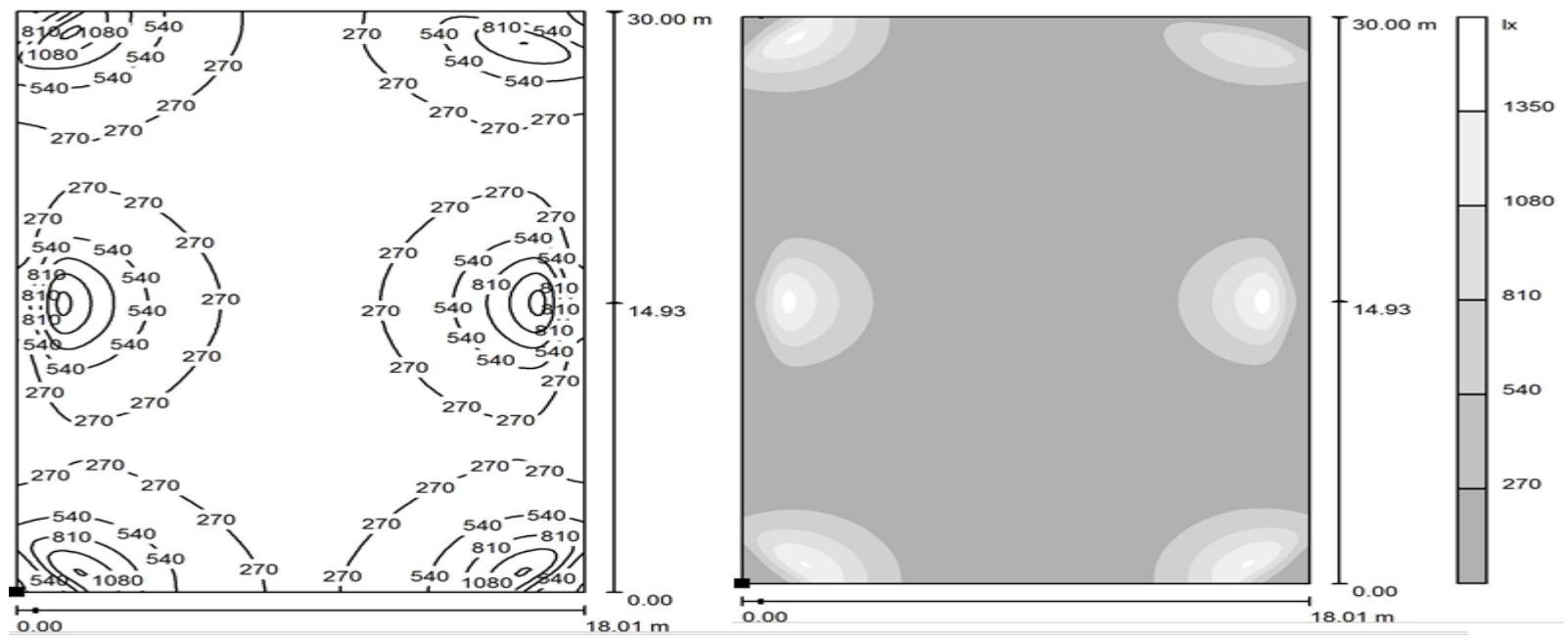
## DISEÑO 2



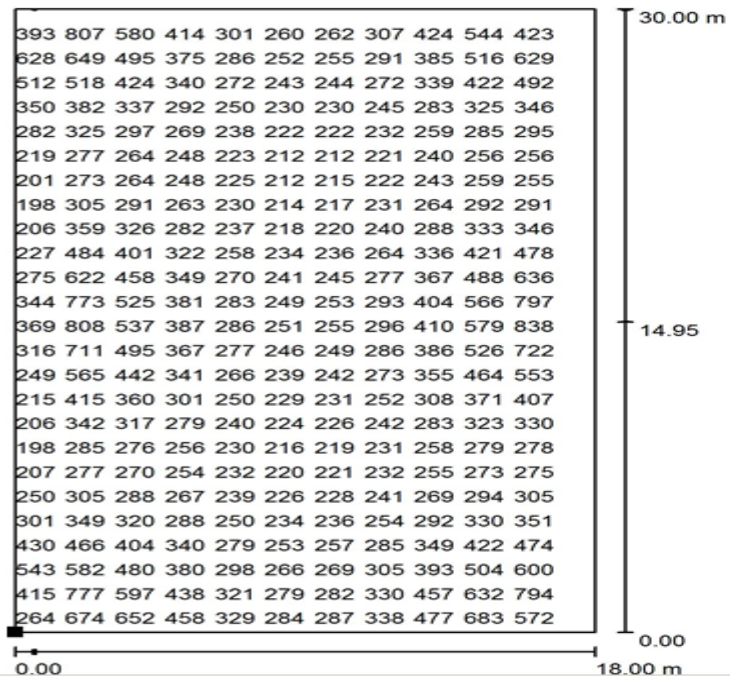
**Exterior Scene 1 / ALTURA DE BALON / Isolíneas (E, perpendicular)**



**Exterior Scene 1 / ALTURA DE VISION / Isolíneas (E, perpendicular)**



**Exterior Scene 1 / ALTURA DE BALON / Gráfico de valores (E, perpendicular)**



**Exterior Scene 1 / ALTURA DE VISION / Gráfico de valores (E, perpendicular)**

