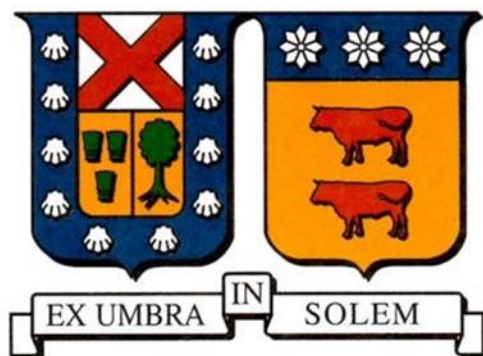




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**ELABORAR UNA PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE
ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA MULTICANCHA CON
ILUMINACIÓN TRADICIONAL**

ESTEBAN ANDRES CHAMORRO CARRASCO

2022

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO
SANTA MARIA SEDE CONCEPCION
“REY BALDUINO DE BELGICA”**

**ELABORAR UNA PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE
ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA MULTICANCHA CON
ILUMINACIÓN TRADICIONAL**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
CONSTRUCTOR**

Alumno : Esteban Andrés Chamorro Carrasco

Profesor Guía: Sr. Donosor Alejandro Obando Aguilar

2022

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias en su totalidad a Dios por mostrarme y guiarme en su camino, en ayudarme, corregirme y manteniéndome firme en mi día a día, dándome paciencia, prudencia y humildad, aclarando mi propósito y permitiéndome hacer su voluntad.

Agradezco a mis seres queridos, sobre todo a mi familia, a mis padres y mis hermanos, que me apoyaron incondicionalmente durante toda mi etapa de estudiante dándome consejos y enseñanzas, valores y confianza en mí mismo, motivándome para seguir adelante y completar mis metas.

Y les doy las gracias a todos los docentes, de la Universidad Técnica Federico Santa María, en darme la educación necesaria para ser un correcto profesional del área de la Construcción.

RESUMEN DEL PROYECTO

En esta propuesta se pretende diagnosticar la iluminaria existente del área estudiada, obteniendo y compilando datos y características que sean de ayuda para lograr un cambio de iluminación, empleando paneles fotovoltaicos, que generen un bienestar a los vecinos aledaños a la multicancha estudiada.

También, se seleccionará un método de sistema fotovoltaicos más adecuado para desarrollar los cálculos que definirán y subsanarán los detalles arrojados por el diagnóstico anterior, para lograr así una eficiencia en la iluminación gracias a la energía solar.

Por último, evaluar el presupuesto del sistema fotovoltaico seleccionado conociendo el valor de los materiales, herramientas y mano de obra que se necesitaran para la construcción de este; Elaborar un flujo de caja para el gasto anual comparando la iluminación tradicional con la iluminación fotovoltaica, acción realizada para conocer el más conveniente en la claridad y bienestar del sector, además de observar el porcentaje de ahorro y el tiempo en que se recuperaría la inversión.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
MARCO TEÓRICO	5
MARCO NORMATIVO.....	7
METODOLOGÍA.....	9
CAPITULO 1:	10
“Diagnóstico del entorno y de iluminaria existente en multicancha ubicada en calle Herrera, Chiguayante”	10
1.1 DATOS DEL ÁREA ESTUDIADA	11
1.2 ILUMINARIA EXISTENTE	13
1.2.1 Visualización de los focos en el día:.....	14
.....	15
1.2.2 Visualización de los focos en la noche:	16
.....	16
1.3 ANÁLISIS LÚMENES Y POTENCIA NECESARIA.....	18
1.3.1 Lúmenes necesarios para multicancha:	19
1.4 CONSUMO MENSUAL	20
1.4.1 Promedio mensual de los horarios de salida y puesta del sol:	20
1.4.2 Tabla de Consumo de energía eléctrica mensual:	22
1.4.3 Irradiación global mensual y anual, en plano horizontal, para distintas localidades de Chile. (mj/m ²)	23
1.4.4 Irradiación mensual y anual, en plano inclinado a 37°, para la localidad estudiada.	25
CAPITULO 2:	26
“Métodos y cálculo de sistema lumínico fotovoltaico en multicancha ubicada calle Herrera, Chiguayante”	26
2.1 MÉTODOS DE CÁLCULOS EN SISTEMA FOTOVOLTAICO:.....	27

2.1.1 Sistema OFF GRID y ON GRID:.....	27
2.1.1.1 Método Off Grid:	28
2.1.1.2 Método On Grid:	29
2.1.1.3 Método Híbrido:	31
2.1.2 Cálculos sistema fotovoltaico:	32
2.2 ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICA MÁS PERTINENTE PARA LAS NECESIDADES A CUBRIR:	35
2.2.1 Reciclaje de materialidad existente en terreno	35
2.2.2 Procedimiento de instalación.....	37
2.2.3 Verificación del mantenimiento y operatividad del Sistema	43
2.2.4 Materiales.....	46
CAPITULO 3:	49
“Evaluación económica para la propuesta de iluminación fotovoltaica en multicancha ubicada en calle Herrera, Chiguayante.”	49
3.1 ESTUDIO DE COSTOS	50
3.1.1 Presupuesto	50
3.1.2 Presupuesto Final.....	51
3.2 RETORNO DE INVERSIÓN	52
CONCLUSIÓN	54
BIBLIOGRAFÍA	55

SIMBOLOGÍA, UNIDADES Y ABREVIACIONES:

[A] : Ampere	LED: Light Emitting-Diode (Diodo Emisor de Luz)
[MA]: Mega-ampere	ERNC: Energía Renovable No Convencional
[Ah] : Ampere-hora	CA: Corriente Alterna
[Cd] : Candela	CC: Corriente Continua
[cm] : Centímetro cuadrado	FV: Fotovoltaico
[h] : Hora	HPS: Hora Pico Solar
[Hz] : Hertz	VAN: Valor Actual Neto
[J] : Joule	TIR: Tasa Interna de Retorno
[K] : Kelvin	CAE: Carga Anual Equivalente
[kWh] : Kilowatt-hora	
[lx] : Lux	
[MJ] : Mega Joule	
[m] : Metro	
[m ²] : Metro cuadrado	
[m/s] : Metro por segundo	
[mm] : Milímetro	
[mW] : Miliwatt	
[nm] : Nanómetro	
[s] : Segundo	
[V] : Volt	
[VA] : Volt-Ampere	
[°] : Grado	
[°C] : Grado Celcius	
[%] : Por ciento	
[W] : Watt	
[Wh] : Watt-hora	

INTRODUCCIÓN

La iluminación y la claridad es un factor indispensable hoy en día para nuestra vida cotidiana, puesto que permite la ejecución de muchas labores donde se requiere de corriente eléctrica para la operación de procesos en diferentes áreas como: Industrial, habitacional, recreacional, y en variadas áreas, por lo que es importante racionalizar los recursos energéticos de manera eficiente.

En nuestro país, los precios por kilowatt-hora que posee, son unos de los más altos de Latinoamérica, por ende, es importante ahorrar energía, ya que estos aumentan de manera paulatina año tras año y por ello, se requiere evaluar alternativas más sustentables de tal forma de generar una comodidad o compatibilidad entre los estatutos social, ambiental y económico, con el fin de contribuir a una reducción eficiente de costos, además de promover la utilización de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), para reducir la contaminación ambiental y mantener las necesidades energéticas para la vida cotidiana.

El Sol es una poderosa fuente de radiación ($63.450.720 \text{ W/m}^2$) que nos brinda una gran cantidad de energía la cual nos permite una directa captación de ella, mediante la implementación de sistemas que transforman las moléculas cinéticas de luz en flujo de electrones, teniendo como principal ventaja, la producción y transformación de manera limpia de energía eléctrica, debido a que no generan emisiones.

El trabajo busca alternativas asociadas al bajo consumo de iluminación mediante la instalación de paneles fotovoltaicos que mejoren la calidad de vida para los espacios recreacionales, y con ello, crear un lugar más seguro para realización de actividades al aire libre, considerando todos los parámetros pertinentes para la ejecución.

FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

En la actualidad, los espacios públicos como los parques, plazas, áreas verdes, todo sector al aire libre en general, que tengan poca iluminación, carecen de atractivo, sobre todo cuando es un área para realizar deporte recreativo, esto debido al temor que genera la oscuridad.

En el caso estudiado, los problemas observados son primeramente la baja intensidad o claridad de iluminación, provocando el descontento de las familias cercanas a esta multicancha ubicada en calle herrera, según la encuesta que se le hizo a la junta de vecinos; además de generar inquietudes por asaltos, escándalos, la poca actividad física en adultos (que suelen ejercitarse habitualmente de noche), etc. Además, el consumo mensual que genera esta iluminación tradicional es alto, caso que no justifica la poca liberación de lúmenes que tiene esta; por otra parte, también está el riesgo de cortes de luz en el sector o en la comuna de Chiguayante, provocando más temor en la localidad, sobre todo en invierno que se oscurece más temprano.

En este caso, se evaluará los detalles o características de la iluminación investigada, ya que, genera poca intensidad de iluminación, un color de temperatura muy bajo, generando poca visibilidad para las actividades recreacionales, bajos niveles de resistencia, generando estáticas y ruidos molestos, entre otros contaminantes.

Los anteriores efectos provocados por los sistemas de iluminación artificial, los relacionamos con algo preocupante para las familias cercanas al sector estudiado, por lo cual se debe presentar medidas para remediar o solucionar el bienestar humano.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La energía renovable, es aquella que cumple con muchos de los requisitos para denominarse alternativa para cambios de excelencia, debido a que se obtiene de fuentes naturales que prácticamente son inagotables, renovable y sustentable en el tiempo, como la energía solar, una de las más importante; Por ello, cada vez es más común observar en Chile, como solución, el uso de sistemas fotovoltaicos para suministrar iluminación.

Es por eso por lo que se busca implementar un método de paneles fotovoltaicos para subsanar las incomodidades que se tiene en el área estudiada con la iluminación tradicional, generando claridad continua y sin ruidos por la estática, otorgando más visibilidad, y un mejor ambiente para recrearse; además existe un método de sistema fotovoltaico que permite iluminar siempre, aunque haya cortes eléctricos, mediante el uso de baterías, por consiguiente se genera un valor de cero en el pago del consumo mensual.

Esto es lo que el trabajo busca, alternativas asociadas al bajo consumo de iluminación mediante la instalación de paneles fotovoltaicos que mejoren la calidad de vida para los espacios recreacionales, iluminando continuamente y reduciendo significativamente las preocupaciones de los vecinos aledaños, y con ello, crear un lugar más seguro para realización de actividades al aire libre, considerando todos los parámetros pertinentes para la ejecución.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar una propuesta técnica y económica de iluminación fotovoltaica para una multicancha con iluminación tradicional ubicada en calle Herrera, Chiguayante.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diagnosticar las características del entorno y el tipo de iluminación existente en multicancha ubicada en calle Herrera, Chiguayante.
- Calcular y establecer método en sistema de iluminación empleando paneles fotovoltaicos en multicancha ubicada calle Herrera, Chiguayante.
- Evaluar económicamente la propuesta de iluminación, empleando paneles fotovoltaicos en multicancha ubicada en calle Herrera, Chiguayante.

MARCO TEÓRICO

Iluminación: Conjunto de luces que hay en un lugar para iluminarlo o para adornarlo. (*Diccionario de la lengua española, 2022, real academia española (RAE)*).



FIGURA 1

Panel Fotovoltaico: Conjunto de celdas solares que captan y transforman la energía del sol en electricidad útil. (*Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2022, <http://www.sec.cl>*)



FIGURA 2

Alumbrado: Todo aquello en que la energía eléctrica se utilice preferentemente para iluminar el o los recintos considerados. (*Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2022, <http://www.sec.cl>*)



FIGURA 3

Electricidad: Forma de energía que se manifiesta con el movimiento de los electrones de la capa externa de los átomos que hay en la superficie de un material conductor. (*Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2022, <http://www.sec.cl>*)



FIGURA 4

MARCO NORMATIVO

- NCh Elec 4/2003 INSTALACIONES DE CONSUMO EN BAJA TENSION.
- RGR N° 02/2017 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN.
 - IEC 60269-6:2010 Low-voltage fuses - Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems.
 - IEC 60364-5-53:2002 Electrical installations of buildings - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control.
 - IEC 60364-7-712:2002 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
 - IEC/TR 60755:2008 General requirements for residual current operated protective devices.
 - IEC 60947-2:2013 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers.
 - IEC 60947-3:2012 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units.
 - IEC 60998-1:2002 Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes - Part 1: General requirements.
 - IEC 61537:2007 Cable management - Cable tray systems and cable ladder systems
 - IEC 61557-8:2007 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems.
 - IEC 61643-11:2011 Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
 - IEC 62020:2003 Electrical accessories - Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)
 - IEC 62109-2:2011 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters.
 - IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures.
 - IEC 62305-2:2010 Protection against lightning - Part 2: Risk management.
 - UNE-EN 50272-2:2002 Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 2: Baterías estacionarias.
 - UNE-EN 50618-2:2015 Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.

- UNE-EN 62275:2016 Sistema de conducción de cables. Bridas para cables para instalaciones eléctricas
- UL 2703:2015 Standard for Mounting Systems, Mounting Devices, Clamping/Retention Devices, and Ground Lugs for Use with Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels
- IEEE Std. 81 Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
- NCh 433.Of96 Norma Chilena de Diseño sísmico de edificios.
- NCh 2369.Of2003 Norma Chilena de Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- Norma técnica Norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión, emitida por la Comisión Nacional de Energía y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.
- NCh Elec. 4/2003 Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, declarada Norma Chilena Oficial de la República mediante Decreto Supremo N° 115, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.

*Nota: Para la aplicación de este instructivo técnico se podrá utilizar, en reemplazo de las normas IEC, las normas UNE equivalentes.

- MANUAL DEL USUARIO PLATAFORMA TE4 USUARIO DECLARADOR
- COMUNICACIÓN DE PUESTA EN SERVICIO DE GENERADORAS RESIDENCIALES (LEY N° 20.571)
 - Ley Net Billing o Ley de Generación Ciudadana.

METODOLOGÍA

- Utilizar la normativa NCh Elec 4/2003 instalaciones de consumo en baja tensión y la RGR N° 02/2017 diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a redes de distribución, para guiarse y establecer correcta información y características en la evaluación.
- Comparar iluminación con paneles fotovoltaicos y iluminación tradicional en el ámbito económico, en claridad (lúmenes), en lo social y en calidad para el sector.
- Hacer una elección del método que sea el más adecuado para el caso estudiado, ya sea con el método Off Grid o con el método On Grid
- Formular un desarrollo de cálculos utilizando el método escogido y así obtener los datos y valores que nos ayude a ejecutar esta evaluación del caso estudiado.
- Evaluar económicamente el estudio terminado, elaborando un flujo de caja que nos permita estimar el tiempo en que se pueda recuperar la inversión inicial.

CAPITULO 1:

“Diagnóstico del entorno y de iluminaria existente en multicancha ubicada en calle Herrera, Chiguayante”

1.1 DATOS DEL ÁREA ESTUDIADA

- Dirección: calle herrera con las lilas, sector papen, Chiguayante
- Coordenadas: latitud: -36.92° / longitud: -73.02°
- Información Meteorológica:

Frecuencia de Nubes (%)	Temperatura Ambiental ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidad del viento (m/s)
20	13,0	2,6

- Radiación Anual:

Global Horizontal (kWh/m ² /día)	Global Inclinado 36° (kWh/m ² /día)	Directa Normal (kWh/m ² /día)	Difusa Horizontal (kWh/m ² /día)
4,77	5,14	5,90	1,27

- Recinto Vista Aérea (Google Maps):



FIGURA 5

- **Vista por interior:**



FIGURA 6

- **Vista por exterior:**



FIGURA 7

1.2 ILUMINARIA EXISTENTE

En el lugar físico en el que está estudiando, la multicancha tiene a su disposición 4 focos LED.

- **Características focos LED:**

- Marca: Hb Led
- Potencia: 50 W
- Color de temperatura: 3.000 K (Luz cálida)
- Voltaje: 85-265 V
- Dimensiones: 590 mm * 182 mm * 70 mm
- Vida útil: 25.000 H
- IP: 65
- Material: Aluminio
- Factor de potencia: 0.9
- Precio: \$58.990 incluye IVA



FIGURA 8

1.2.1 Visualización de los focos en el día:

Horas sin funcionalidad:

- Verano (oct-mar): 14 horas apagadas
- Invierno (abr-sep): 10 horas apagadas



FIGURA 9



FIGURA 10

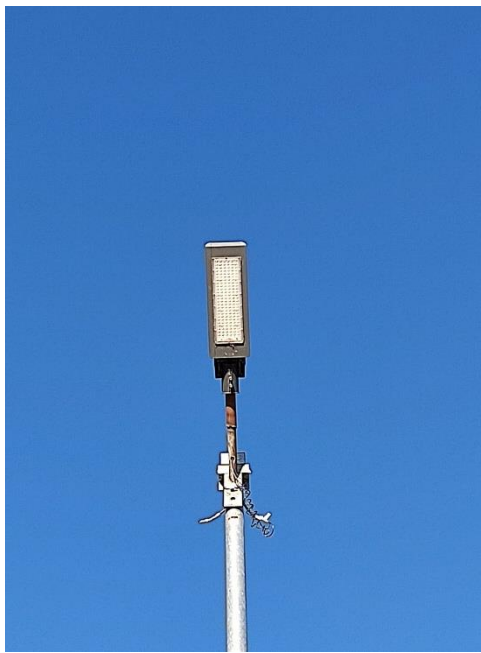


FIGURA 11

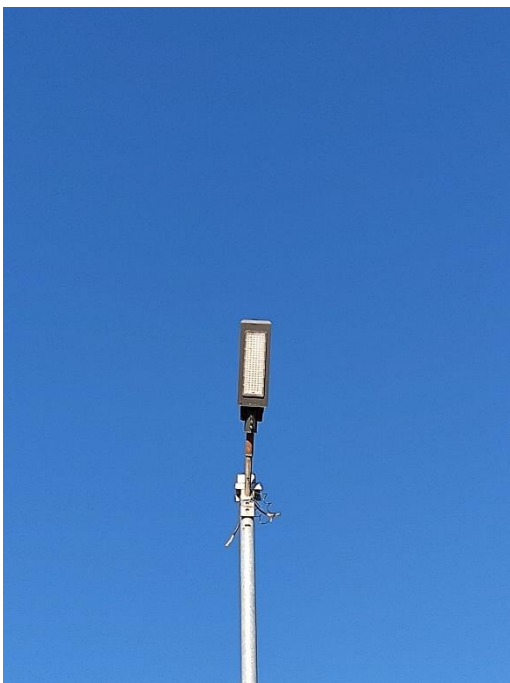


FIGURA 12



FIGURA 13

1.2.2 Visualización de los focos en la noche:

Horas con funcionalidad:

- Verano (oct-mar): 10 horas encendidas
- Invierno (abr-sep): 14 horas encendidas



FIGURA 14



FIGURA 15

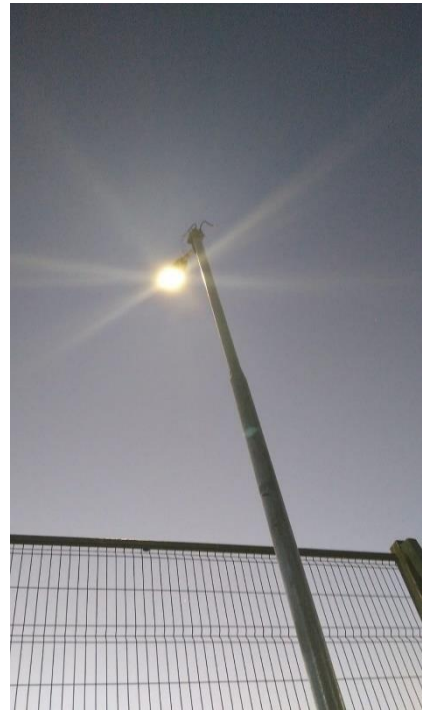


FIGURA 16

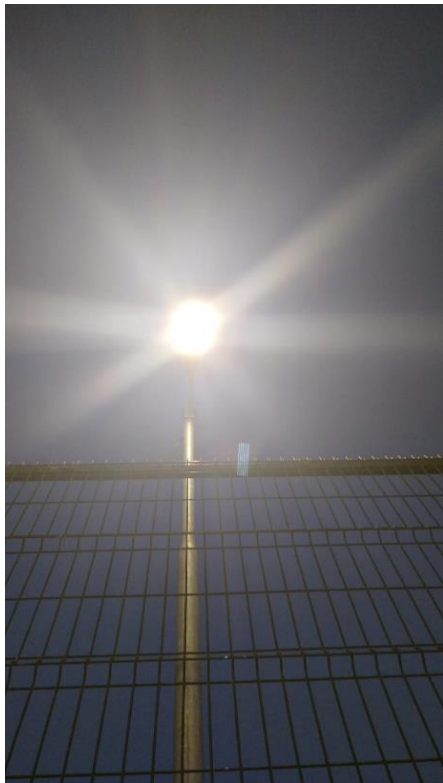


FIGURA 17



FIGURA 18

1.3 ANÁLISIS LÚMENES Y POTENCIA NECESARIA

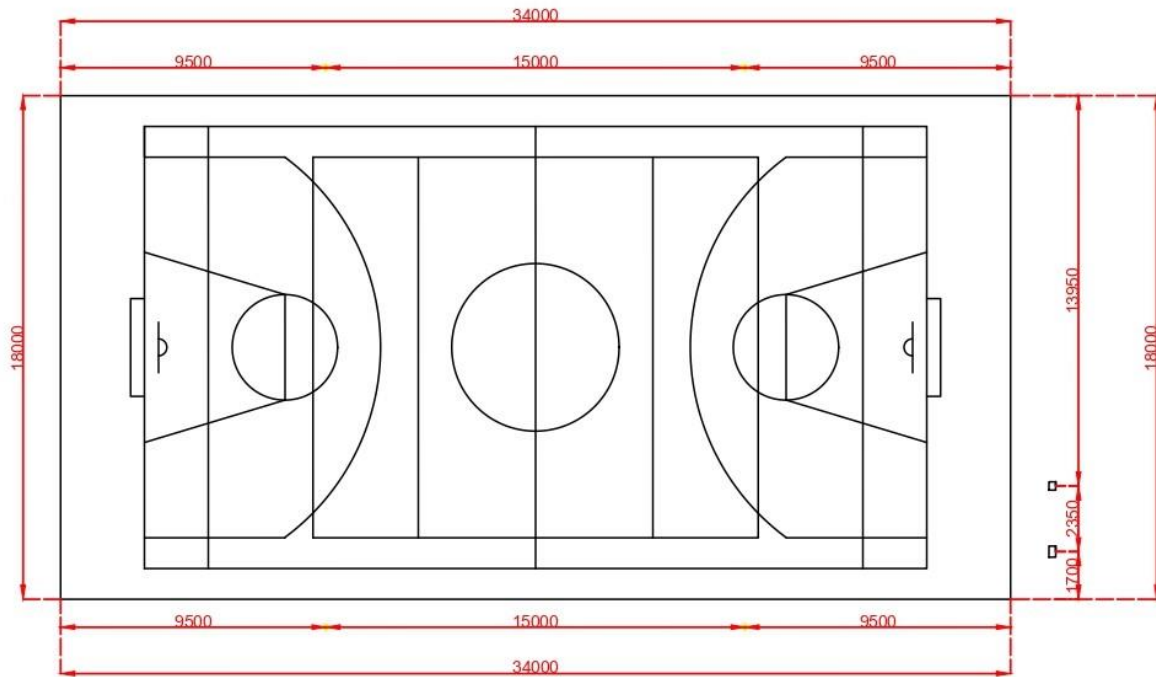
- Un lumen es una unidad de medida de luz, que mide el flujo luminoso. El nivel de iluminación se mide en una unidad llamada lux (lx), esta unidad se deriva de los lúmenes. El Lux se usa para determinar la cantidad de luz proyectada sobre una superficie (un Lux equivale a un Lumen por metro cuadrado).
- En espacios públicos destinados a facilitar la reunión de personas tales como plazas, parques, jardines, áreas abiertas peatonales, zonas de juegos y máquinas de ejercicios, se deben cumplir con una Iluminancia horizontal mantenida, media de 25 Lux y mínima de 5 Lux en toda la superficie iluminada de los mismos; según la Regulación de los Sistemas Lumínicos en Chile.
- En una habitación, la iluminación típica es desde 300-500 lux, mientras que la iluminación al aire libre varía entre 1500 lux en un día nublado y 100 000 lux en un día soleado. Para determinar los lúmenes necesarios, se deberá multiplicar el área de la habitación y/o recinto según la necesidad exigida para su uso.



FIGURA 19

1.3.1 Lúmenes necesarios para multicancha:

- Las dimensiones del área estudiada son de 18x34 m, teniendo una superficie de 612 m²; considerando que los 4 focos que se tiene a disposición generan 200 lúmenes en



total, manifestando una liberación de luminosidad de 122.400 lx.

FIGURA 20

- Observando lo anterior, se muestra que se tiene un exceso de lúmenes necesarios para iluminar el área estudiada, si bien genera bastante lúmenes, el exceso que tiene genera un aumento en el consumo eléctrico, provocando un alza en costo mensual.

1.4 CONSUMO MENSUAL

El consumo mensual del caso estudiado, esta observado desde Octubre del año 2020 hasta octubre del año 2021.

1.4.1 Promedio mensual de los horarios de salida y puesta del sol:

- Se hizo una investigación de los horarios mensual del amanecer y atardecer en un año (octubre 2020 a octubre 2021) organizándolos en los meses de verano (oct-mar) y en los meses de invierno (abr-sep) obteniendo los siguientes promedios:

<i>promedio mensual</i>	Salida del sol	Puesta del sol	Duración del día
<i>oct-2020</i>	7:06	20:08	13:01
<i>nov-2020</i>	6:35	20:39	14:03
<i>dic-2020</i>	6:29	21:05	14:35
<i>ene-2021</i>	6:52	21:09	14:17
<i>feb-2021</i>	7:23	20:46	13:22
<i>mar-2021</i>	7:52	20:07	12:14
<i>abr-2021</i>	7:24	18:30	11:04
<i>may-2021</i>	7:44	17:52	10:06
<i>jun-2021</i>	8:02	17:41	9:38
<i>jul-2021</i>	8:00	17:54	9:53
<i>ago-2021</i>	7:33	18:18	10:44
<i>sept-2021</i>	7:43	19:34	11:50
<i>oct-2021</i>	7:07	20:08	13:00

TABLA 1

*Nota: los meses en rojo, son los que tienen más horas de luz solar; los meses en azul, son los que tienen menos horas de luz solar.

Promedio Verano	7:03	20:39	13:35
Promedio Invierno	7:45	18:18	10:33

TABLA 2

- Grafica lineal:

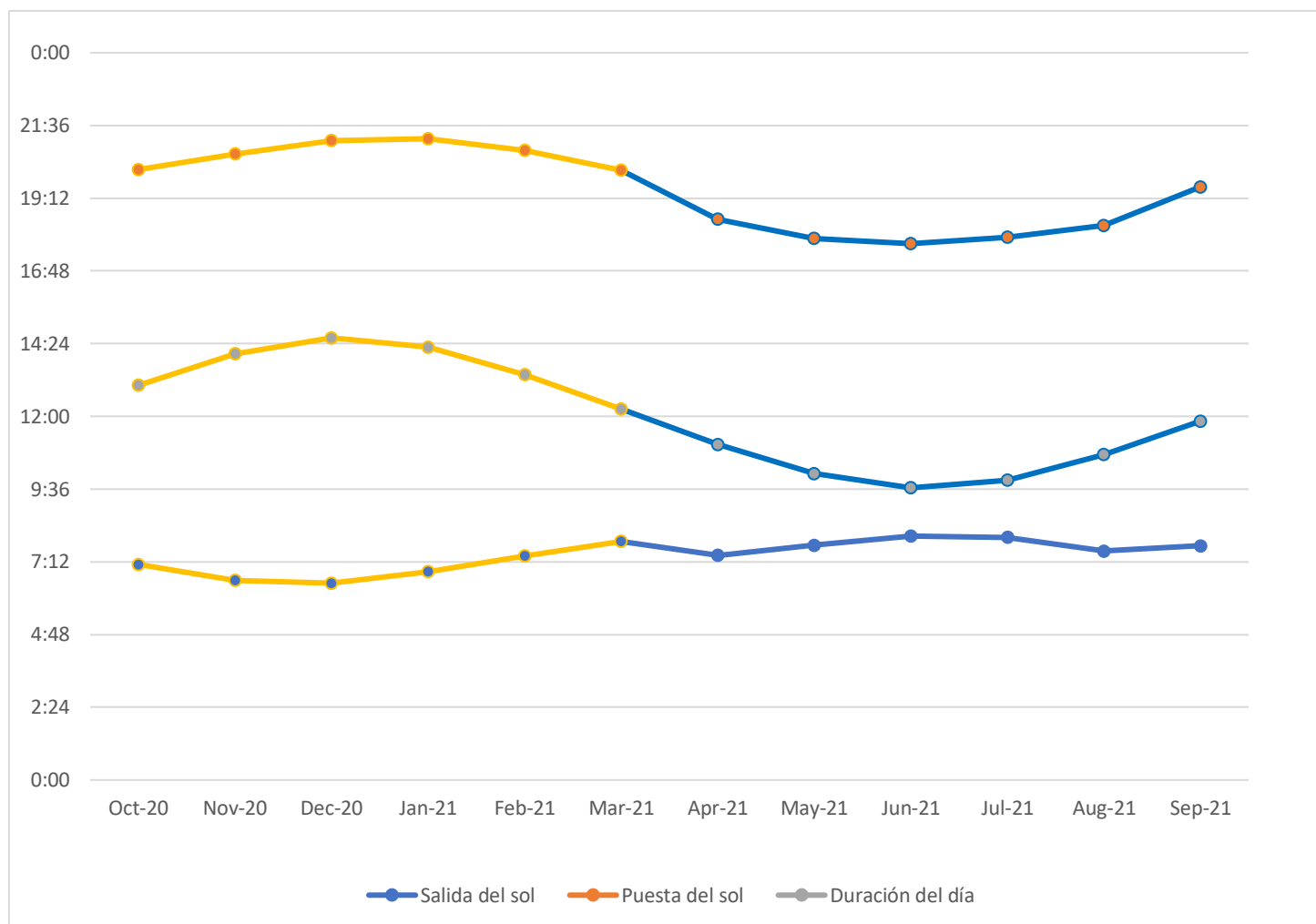


GRAFICO 1

1.4.2 Tabla de Consumo de energía eléctrica mensual:

- Se presenta un registro del consumo eléctrico mensual de la multicancha estudiada, desde oct 2020 hasta oct 2021, obteniendo los datos de las boletas CGE, facilitadas por la municipalidad de Chiguayante.

<i>Fecha</i>	Potencia Conectada	Lectura Anterior (KWH)	Lectura Actual (KWH)	Consumo Mensual (KWH)	Total a Pagar	Cobro por KWH	Por Pagar Realmente
<i>oct-20</i>	4,40 W	3.120	3.225	105	\$23.900	\$228	\$14.385
<i>nov-20</i>	4,40 W	3.225	3.336	111	\$24.800	\$223	\$15.207
<i>dic-20</i>	4,40 W	3336	3.437	101	\$23.600	\$234	\$13.837
<i>ene-21</i>	4,40 W	3437	3.538	101	\$23.700	\$235	\$13.837
<i>feb-21</i>	4,40 W	3538	3.653	115	\$26.000	\$226	\$15.755
<i>mar-21</i>	4,40 W	3653	3750	97	\$23.600	\$243	\$13.289
<i>abr-21</i>	4,40 W	3750	3852	102	\$24.500	\$240	\$13.974
<i>may-21</i>	4,40 W	3852	3967	115	\$26.600	\$231	\$15.755
<i>jun-21</i>	4,40 W	3967	4065	98	\$24.500	\$250	\$13.426
<i>jul-21</i>	4,40 W	4065	4176	111	\$26.400	\$238	\$15.207
<i>ago-21</i>	4,40 W	4176	4311	135	\$30.600	\$227	\$18.495
<i>sept-21</i>	4,40 W	4311	4435	124	\$29.400	\$237	\$16.988
<i>oct-21</i>	4,40 W	4435	4570	135	\$31.300	\$232	\$18.495

TABLA 3

	Consumo (kWh)	Total a Pagar	Total Ideal
Total anual	1.450	\$338.900	\$198.650
Promedio mensual	112	\$26.069	\$15.281

TABLA 4

- Teniendo en cuenta la tabla 3 y 4, el consumo eléctrico, medido de octubre 2020 a octubre 2021 fue de 1.450 kWh, teniendo un gasto monetario total de \$338.900 al año; sin embargo, el costo ideal tendría que ser de \$198.650 en promedio al año, considerando que el precio por 1 KWH es de \$137 y no de \$234 que se está cobrando.

1.4.3 Irradiación global mensual y anual, en plano horizontal, para distintas localidades de Chile. (mj/m2)

LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
I Región													
PARINACOTA	595,5	501,6	569,3	578,4	535,4	476,9	514,4	593,7	655,5	741,9	728,5	667,0	7158,2
MURMUNTANE	689,8	504,8	627,8	625,9	554,4	487,0	528,0	585,0	660,3	788,1	788,3	780,2	7619,5
ARICA	657,6	593,6	598,1	458,1	395,6	323,5	308,0	391,2	457,4	577,2	617,4	652,4	6030,3
IQUIQUE	727,8	644,5	605,1	477,7	384,7	313,6	308,3	364,9	447,8	570,1	646,7	749,3	6240,4
PICA	758,7	662,1	682,7	572,9	515,8	444,2	476,0	581,0	649,4	769,8	792,7	822,2	7727,4
II Región													
QUILLAGUA	696,6	618,8	650,4	516,2	458,1	371,5	418,1	518,9	591,8	718,6	709,9	757,4	7026,4
PARSHALL-2	752,1	663,4	697,8	578,3	535,3	467,7	509,5	599,5	696,5	799,2	834,0	873,2	8006,3
TOCOPILLA	604,0	540,8	499,5	420,8	352,9	281,5	261,3	372,7	479,2	598,0	586,9	623,2	5620,5
CHUQUICAMATA	858,4	648,2	675,7	555,0	460,9	431,9	469,4	639,8	628,4	772,3	809,7	856,7	7806,5
EL TATIO	733,9	663,0	789,1	637,2	574,8	484,2	581,8	664,1	732,5	889,0	887,4	877,6	8514,3
COYA SUR	798,9	668,9	663,3	560,6	448,8	398,5	460,1	536,9	627,2	739,3	752,1	808,8	7463,4
CALAMA	841,6	716,0	710,9	578,3	525,4	450,0	502,1	612,3	669,1	821,8	851,4	899,3	8178,1
SAN PEDRO DE ATACAMA	809,8	673,5	734,7	602,6	497,0	451,3	495,8	575,5	691,2	810,0	859,6	898,3	8099,4
ANTOFAGASTA	739,0	618,5	627,7	483,2	368,8	336,2	369,2	433,4	524,3	653,4	710,8	772,3	6636,6
TALTAL	728,3	579,8	533,0	432,7	347,7	340,9	326,2	370,7	456,8	602,8	624,2	763,1	6106,2
EL SALVADOR	876,7	731,6	711,4	558,4	426,7	382,2	442,1	511,3	639,1	793,1	812,0	876,4	7760,9
III Región													
POTRERILLOS	898,2	744,0	725,5	575,4	463,1	368,8	439,1	553,5	641,2	806,2	880,2	956,9	8052,0
CHAÑARAL	665,2	567,0	504,0	392,4	312,2	278,6	317,6	362,4	441,2	540,5	594,8	717,0	5693,0
CALDERA	662,4	591,9	527,2	413,0	287,5	229,7	300,4	363,3	435,1	584,9	627,7	687,7	5710,7
COPIAPO	761,9	641,1	601,2	452,5	365,5	314,1	362,1	443,0	538,1	695,2	735,3	791,9	6702,0
LAUTARO	841,9	713,3	709,5	501,3	415,1	376,9	397,6	451,8	646,7	750,9	821,3	872,9	7499,2
VALLÉNAR	741,5	626,6	577,1	405,4	323,1	227,1	324,9	380,7	477,9	621,7	691,1	745,3	6142,4
IV Región													
LA SERENA	726,8	610,4	467,7	333,1	288,7	257,9	262,6	324,1	413,6	530,8	603,6	730,4	5549,5
OVALLE	778,8	629,6	587,1	404,2	314,0	257,9	269,9	355,3	446,3	647,2	706,0	797,2	6193,3
LA PALOMA	831,4	692,4	638,7	454,8	325,4	248,4	301,9	405,2	556,8	673,5	754,0	847,1	6729,7
LOS MOLLES	916,3	745,7	704,2	537,9	377,3	279,0	322,9	465,3	603,0	730,9	825,4	929,1	7437,1
LA TRANQUILLA	836,2	699,4	609,9	445,5	312,0	234,6	267,8	364,7	604,1	689,8	736,8	870,8	6671,7
V Región													
EL YESO	791,3	639,0	584,0	425,2	290,9	212,6	263,6	356,0	514,3	627,2	687,2	788,5	6179,8
ISLA DE PASCUA	631,3	515,9	497,5	376,8	314,9	245,4	296,9	362,4	483,9	574,5	606,4	634,9	5540,8
QUILLOTA	680,7	560,7	477,1	304,8	228,2	194,1	199,1	299,7	364,0	512,5	597,1	680,3	5098,2
EL OLIVAR	671,1	521,0	482,5	306,8	201,8	176,3	206,3	283,9	348,0	482,1	608,3	680,2	4968,2
VALPARAISO	680,9	528,8	467,4	310,7	218,7	175,5	199,5	293,3	397,4	521,7	616,4	678,3	5088,8
EL BELLOTO	578,3	458,5	452,5	349,4	268,0	203,2	278,7	339,9	448,3	449,9	594,0	620,3	5041,0
LLIU LLIU	758,7	585,8	558,5	382,7	271,5	215,4	231,7	325,8	421,6	551,1	627,0	746,2	5676,1
Región Metropolitana													
PUDAHUEL	781,1	599,8	547,5	366,1	234,5	179,9	222,3	340,9	429,6	571,1	712,0	808,5	5793,4
CERRO CALAN	772,6	634,9	535,8	367,5	248,2	195,6	183,0	272,2	398,0	503,0	635,8	751,5	5498,0
STGO. (EDIFICIO)	729,1	564,2	511,8	320,0	201,6	171,6	172,5	261,7	364,7	519,8	597,1	708,1	5122,2
STGO. TOBALABA	695,1	583,1	460,0	345,8	249,6	186,8	223,1	300,6	403,7	524,1	650,5	735,1	5357,4
STGO. QUINTA NORMAL	715,1	571,7	472,1	322,7	200,5	142,3	175,2	253,0	362,7	499,0	628,0	719,7	5062,0

LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
STGO. BANDERA	719,6	587,9	509,6	338,7	235,3	176,2	183,1	297,1	382,1	510,8	632,5	727,7	5300,6
STGO. EL BOSQUE	711,7	595,5	532,3	363,9	258,6	184,9	225,7	321,3	433,4	558,9	648,0	687,3	5521,4
PIRQUE	839,0	592,0	548,1	381,2	239,7	207,4	211,3	320,2	405,1	555,3	711,0	897,2	5907,5
SAN JOSE DE MAIPO	685,5	577,1	471,4	356,6	227,2	147,3	179,5	288,9	423,1	543,5	618,8	712,3	5231,3
LAS MELOSAS	741,7	588,1	523,5	369,6	238,4	174,5	239,0	329,3	416,2	569,8	689,3	767,0	5646,4
VI Región													
CENTRAL RAPEL	772,7	612,7	545,8	381,8	251,3	197,1	224,4	324,2	438,3	572,5	672,3	756,3	5749,7
PTE ARQUEADO	771,5	615,8	531,8	355,2	229,2	181,5	210,3	308,0	422,6	574,8	672,8	757,1	5630,7
RENGO	821,4	644,5	558,0	401,4	264,1	175,6	219,4	302,6	430,1	559,8	737,5	819,4	5933,8
POPETA	781,7	628,2	552,0	364,5	225,7	154,9	201,7	298,2	405,7	320,3	701,2	807,5	5441,6
SAN FERNANDO	758,7	587,5	516,9	333,3	193,0	156,6	192,5	281,4	384,7	539,8	640,8	750,4	5335,7
CONVENTO VIEJO	761,5	527,9	475,6	323,4	191,5	124,2	184,1	233,3	435,3	570,7	685,3	712,7	5225,5
VII Región													
COLORADO	782,8	605,8	501,5	369,4	185,6	159,0	210,3	287,2	365,2	576,7	677,2	765,6	5486,5
ARMERILLO	795,5	617,8	545,3	358,6	226,0	168,8	196,5	295,0	421,1	575,5	679,9	785,7	5665,7
LAG. INVERNADA	774,6	613,5	546,2	369,4	231,2	177,1	207,9	299,6	434,1	571,9	674,8	747,0	5647,4
VIII Región													
TALCAHUANO	759,1	519,4	526,9	247,2	216,9	148,6	181,3	290,0	434,8	563,6	634,4	718,4	5240,6
CONCEPCION	761,8	582,1	510,2	340,0	214,0	142,1	186,5	289,7	407,6	572,0	676,0	740,8	5422,9
POLCURA	689,1	531,2	467,7	303,8	173,5	129,7	154,6	230,8	358,0	489,1	599,2	662,4	4789,1
LAGO LAJA	787,5	621,5	553,3	367,3	199,8	156,4	195,1	309,2	473,3	598,0	719,9	744,5	5725,8
IX Región													
COLLIPULLI	693,3	541,1	466,0	311,4	183,8	114,2	136,0	232,6	354,4	504,1	604,9	687,6	4829,3
LONQUIMAY	799,6	606,0	533,5	353,4	234,7	167,3	192,0	179,9	446,1	563,7	717,7	762,2	5556,1
PTO SAAVEDRA	594,6	412,1	370,4	220,3	114,0	87,3	86,3	150,3	244,0	412,2	588,4	642,4	3922,4
PUCON	651,2	489,5	432,5	283,7	157,6	119,9	127,6	216,5	299,4	475,6	576,3	621,2	4451,1
X Región													
PULLINQUE	593,4	446,6	379,9	235,2	113,3	95,8	110,8	186,4	304,1	430,9	515,0	602,3	4013,9
HUILO HUILO	632,0	513,9	443,8	262,4	136,7	101,4	115,1	205,9	303,7	457,2	561,1	645,2	4378,3
LAGO CHAPO	538,3	443,3	367,6	234,5	117,5	89,7	103,7	169,1	265,8	380,2	467,5	560,9	3737,9
ISLA GUAFO	497,0	362,9	322,9	143,9	74,1	45,8	37,0	79,8	232,5	387,8	448,5	575,3	3207,6
ALTO PALENA	669,5	531,0	425,6	261,5	139,4	108,6	123,8	216,0	348,7	523,6	632,3	684,7	4664,8
XI Región													
BALMACEDA	576,4	440,2	354,9	219,4	124,7	104,5	124,6	186,8	309,4	464,6	529,9	624,3	4059,7
COYHAIQUE	568,5	428,4	343,2	235,2	120,6	111,8	121,2	207,0	324,2	462,0	539,2	618,0	4079,3
PUERTO AYSÉN	543,7	410,1	329,8	200,5	119,9	95,0	99,2	176,8	293,5	432,6	498,4	586,7	3786,2
XII Región													
CABO RAPER	386,3	251,6	229,5	137,3	98,5	95,6	83,5	134,0	225,6	342,8	341,0	477,8	2803,4
COLONIA BACKER	599,9	467,2	386,7	209,5	125,4	86,2	101,2	182,4	313,9	498,2	584,2	654,7	4209,4
FARO EVANGELIS	422,2	251,7	219,0	111,2	64,3	42,8	71,1	102,7	176,7	297,1	401,8	361,2	2521,9
PUNTA ARENAS	575,3	412,4	324,1	173,7	90,5	47,1	66,1	134,6	246,6	386,7	570,6	607,3	3634,9
PTO WILLIAMS	428,9	310,6	245,1	126,9	63,2	34,4	51,8	110,6	222,2	354,6	468,4	486,1	2902,6
Territorio Antártico													
BASE FREI MONTALVA	271,2	192,1	109,7	68,5	27,0	9,8	17,1	72,7	173,5	331,8	443,0	493,1	2209,3
BASE AGUIRRE CERDA	480,4	286,3	159,8	65,3	18,2	9,2	13,8	57,9	164,9	330,3	475,1	498,2	2559,4

TABLA 5

1.4.4 Irradiación mensual y anual, en plano inclinado a 37°, para la localidad estudiada.

- Para obtener la irradiación y las horas de sol pico (HSP) de la ubicación exacta en donde se desea hacer la instalación FV, se utilizó el explorador solar de la NASA, llamando “POWER | Data Access Viewer”

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
S.HORIZONTAL	7,99	6,92	5,54	3,82	2,42	2,00	2,23	3,03	4,59	5,94	7,49	8,08
LATITUD-15	7,75	7,13	6,25	4,71	3,14	2,74	3,01	3,79	5,30	6,32	7,41	7,73
LATITUD	7,04	6,77	6,30	5,00	3,43	3,07	3,34	4,05	5,43	6,15	6,85	6,96
LATITUD+15	6,04	6,09	5,98	5,00	3,52	3,22	3,49	4,09	5,26	5,65	5,98	5,92
S.VERTICAL	2,47	3,06	3,76	3,77	2,90	2,79	2,97	3,19	3,61	3,17	2,70	2,37
S.OPTIMA	8,02	7,16	6,32	5,04	3,52	3,23	3,49	4,10	5,43	6,32	7,57	8,09

TABLA 6

*Nota: se utilizará el valor del mes de junio, al ser el dato de HSP más desfavorable para realizar los cálculos debidamente.

CAPITULO 2:

“Métodos y cálculo de sistema lumínico fotovoltaico en multicancha ubicada calle Herrera, Chiguayante”

2.1 MÉTODOS DE CÁLCULOS EN SISTEMA FOTOVOLTAICO:

Cada vez son más las personas y empresas que deciden invertir en energía solar, lo que se debe al gran avance y crecimiento que ha tenido el sector dentro de la industria, desarrollando métodos de sistemas fotovoltaicos que cubren las necesidades de los que la requieren.

Estos sistemas se definen como formas para generar energía solar por medio de proyectos fotovoltaicos, siendo los sistemas **“off grid”** instalaciones completamente independientes, mientras que los **“on grid”** se respaldan por la red eléctrica.

Generalmente se recurre a este tipo de instalaciones cuando se desea generar un ahorro en materia energética, o cuando no se tiene acceso directo a la red pública, es en estos casos donde la mejor solución a corto y mediano plazo es generar energía de forma autónoma para el autoconsumo.

2.1.1 Sistema OFF GRID y ON GRID:

Lo que principalmente diferencia a un sistema de otro es que el on grid depende de la red eléctrica para funcionar, en cambio el sistema off grid es independiente de éste gracias a las baterías que se le incorporan en su instalación, en donde se puede almacenar la energía generada durante el día y así poder utilizarla cuando se necesite, sea de día o de noche.

ON - GRID	OFF-GRID
✓ Sistema está conectado a la red eléctrica, por lo cual tiene un respaldo a las horas de no sol y no requiero abastecer el 100% del consumo eléctrico.	✓ Sistema está aislado de la red eléctrica, por lo cual los módulos fotovoltaicos requieren generar el 100 % de la energía requerida y requiere sistemas de acumulación de energía.
✓ No requieren acumular energía para que los equipos eléctricos funcionen de noche	✓ Para acumular energía se utilizan banco de baterías y en sistemas de riego se utiliza tranques o estanques en altura.
✓ TE4 con inyección a la red ✓ TE5 sin inyección a la red (pronta mente)	✓ TE1 para sistemas fotovoltaicos aislados
✓ Se requiere menos módulos fotovoltaicos dado que se hace un balance energético de lo generado y lo requerido en el año.	✓ En general, requieren más número de módulos fotovoltaicos que un sistema ON, dado que se debe generar la energía a utilizar, energía a acumular, más pérdidas. (requerimientos diarios)

TABLA 7

2.1.1.1 Método Off Grid:

El concepto off grid hace referencia al tipo de instalación que no requiere estar conectado a la red ya que cuenta con un conjunto de baterías capaz de almacenar toda la energía generada durante el día, siendo capaz de ser utilizada en cualquier momento, este sistema es totalmente independiente y autónomo, por esta misma razón es que suele ser más costoso que el sistema on grid.

- **¿Cómo Funciona?**

Este tipo de sistemas suele usarse comúnmente en sitios aislados donde no es posible acceder a una red pública, para ello se establece un punto de generación eléctrica con paneles solares, de esta forma el cliente podrá auto consumir energía limpia de manera totalmente independiente en cualquier momento del día, aun cuando sea de noche.

Esto es posible, ya que, este sistema incorpora baterías donde es almacenada toda la energía generada durante el día, por lo tanto, estos elementos deben tener la capacidad suficiente para cubrir un tiempo calculado de consumos, una vez que estas baterías hayan cumplido su ciclo, se deben ir cambiando periódicamente.



FIGURA 21

▪ **Beneficios**

- Totalmente autónomo al no depender de la red eléctrica.
- Es un sistema energético confiable, puesto que la fuente principal de generación es el sol, es decir, un recurso inagotable.
- Al generar y consumir tu propia energía estarás generando un ahorro a corto y largo plazo.
- Las ERNC, como la energía solar, no producen ningún tipo de contaminación, ya que, a diferencia de la electricidad convencional, las plantas fotovoltaicas no emiten Co2.

2.1.1.2 Método On Grid:

El concepto on grid hace referencia al tipo de instalación que se encuentra conectado a la red de distribución, permitiendo que los clientes puedan generar y consumir energía solar, pero con el respaldo de la red eléctrica en casos de que su empresa o residencia consuma más energía de la generada por los paneles. Sin embargo, cuando ocurre el caso contrario, el sistema on grid permite inyectar los excedentes a la red eléctrica lo cual se respalda con la promulgación de la Ley 20.571, también conocida como Ley Net Billing o Ley de Generación Ciudadana, la cual permite que los clientes reciban un pago por cada kWh tarifado en el medidor, ayudando a disminuir significativamente la cuenta de electricidad.

Vale aclarar que siempre se requerirá de la red eléctrica para que tu instalación fotovoltaica funcione, si por algún motivo la red de distribución sufre un corte tu planta dejará de funcionar automáticamente ya que depende completamente de esta. Un sistema on grid podrá funcionar bajo estas circunstancias solo con una instalación on grid con almacenamiento o híbrida, de otra forma es imposible.

▪ **¿Cómo funciona?**

Como se mencionó antes, este es un sistema dependiente de la red eléctrica, por lo que siempre se requerirá de su servicio para el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica. Esto quiere decir que se podrá hacer uso de la energía generada durante el día y, de noche, se suministrará de la energía de la red.

Este tipo de instalaciones se componen por cuatro elementos: paneles solares, inversores, un tablero de distribución y un medidor bidireccional, el cual, a diferencia del medidor tradicional, es capaz de medir tanto la energía consumida como la generada por los paneles.

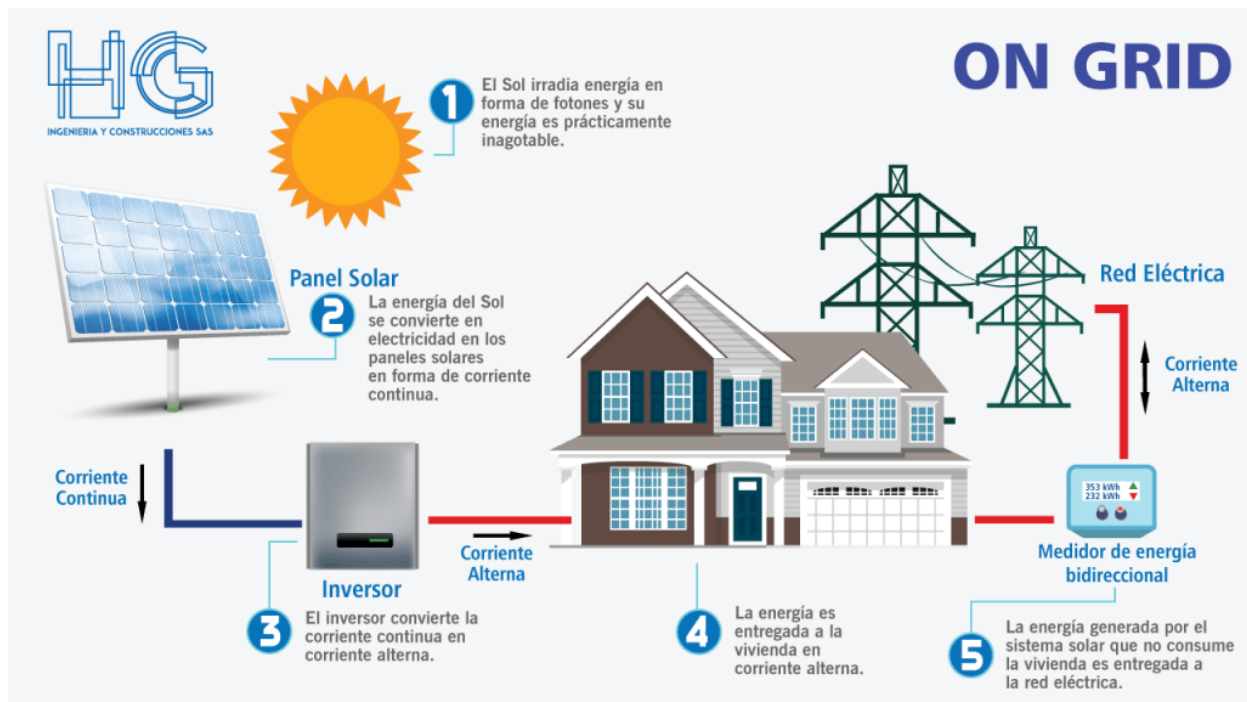


FIGURA 22

▪ Beneficios

- Al ser sistemas dependientes de la red eléctrica su costo de instalación es mucho más bajo que el sistema off grid.
- Permite generar un ahorro significativo en la cuenta de electricidad.
- No se necesita invertir en baterías ya que cuando no se esté generando energía solar, podrás suministrarte con la energía de la red local.
- La energía solar no utilizada se inyecta a la red eléctrica regulada por la Ley Net Billing.
- Generalmente estos proyectos se autofinancian en cortos y medianos plazos, puesto que la inversión es recuperada rápidamente.

2.1.1.3 Método Híbrido:

Son la tendencia actual en lugares con acceso a la red en los que se desea bajar los costos de energía eléctrica, estos sistemas conjugan lo mejor de los dos sistemas anteriores, incorporando baterías y pudiendo funcionar como off-grid, pero aprovechando la red eléctrica en el caso que las baterías o los paneles no sean suficientes. Además, ante un excedente en la producción eléctrica de los paneles pueden inyectarlo a la red eléctrica existente para ser utilizado por otros usuarios.

En este tipo de sistemas los inversores tienen la capacidad de ser programados para funcionar de diferentes formas, resolviendo la mayor parte de las situaciones.

En este sistema o método, las instalaciones pueden ser más pequeñas que en el caso de la configuración Off-grid, ya que tienen la red a modo de adicional ante la posibilidad que los paneles o las baterías no sean suficientes, sin embargo, los inversores utilizados tienen un costo algo más alto que los inversores on-grid y off-grid.

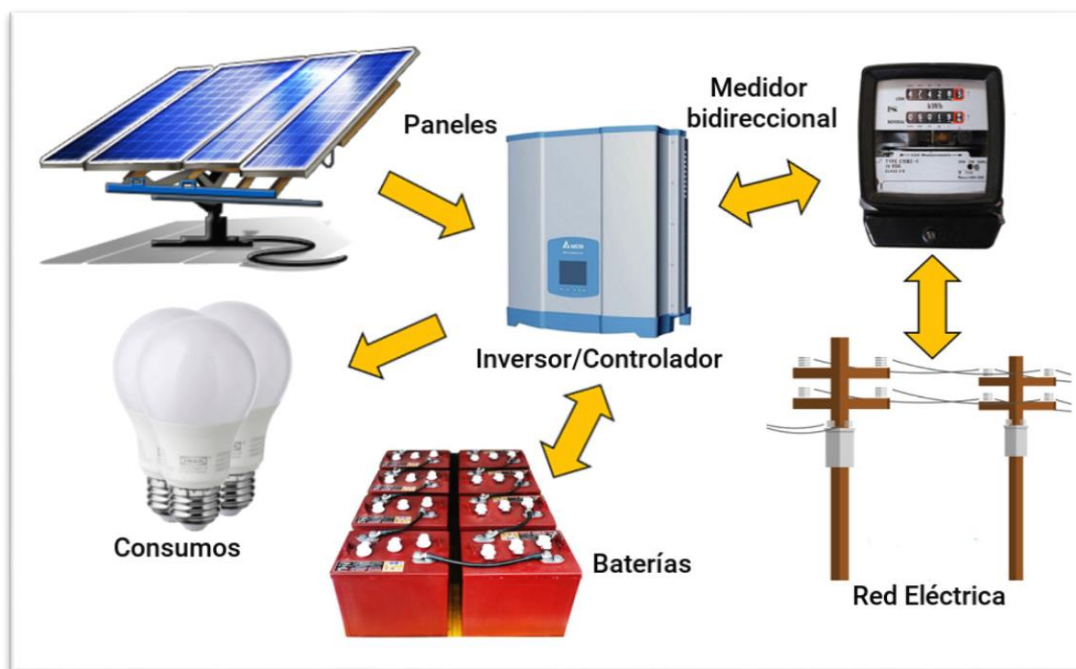


FIGURA 23

2.1.2 Cálculos sistema fotovoltaico:

- A continuación, se mostrarán las ecuaciones de los pasos a seguir de los cálculos del método Off Grid, ya que, es el método más factible y viable para esta evaluación estudiada.
- Consumo diario: Se debe realizar un levantamiento de las cargas existente en el sistema actual de la instalación.

Artefacto	Cantidad	Potencia	Horas diarias	Energía (P*hora)
Ampolleta LED 90W	4	360 W	12 h	4.320 Wh

- **Datos y Requerimientos:**

Latitud: -36,92 ; Longitud: -73,02

Horas Sol Pico (junio); 3,07 h

Consumo Diario: 4.320 Wh

Potencia Inversor: 400 W

Autonomía: 6 días

- Fórmula de cálculo de paneles FV:

$$Pt_{max} = \frac{CD}{Erc * HSP} \rightarrow Pt_{max} = \frac{4.320 \text{ Wh}}{0,97 * 3,07h} = \mathbf{1.450 \text{ Wp}}$$

$$\text{Cant. Paneles} = \frac{Pt_{max}}{P_{max}} \rightarrow \text{Cant. Paneles} = \frac{1.450 \text{ Wp}}{400 \text{ Wp}} = 3,6 \approx \mathbf{4}$$

Ptmax: Potencial total

CD: Consumo Diario

Erc: Eficiencia Regulador de carga (97%)

HSP: Hora Sol Pico

Pmax: Potencia de Paneles a elegir

➤ Fórmula de Cálculo de Banco de Baterías:

$$C_{tw} = \frac{CD * Au}{DOD} \rightarrow C_{tw} = \frac{4.320 \text{ Wh} * 6}{1} = \mathbf{25.920 \text{ Wh}}$$

$$C_{tam} = \frac{C_{tw} \text{ (Wh)}}{V_u \text{ (V)}} \rightarrow C_{tam} = \frac{25.920 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = \mathbf{1.080 \text{ Ah}}$$

$$C_{uam} = \frac{C_{tam} \text{ (Ah)}}{N_b \text{ (unidad)}} \rightarrow C_{uam} = \frac{1.080 \text{ Ah}}{3} = 360 \text{ Ah} \approx \mathbf{420 \text{ Ah}}$$

∴ Se necesitarán baterías que contengan 360 Ah, pero como no existen en el mercado, se utilizaran baterías de 420 Ah.

C_{tw}: Capacidad banco baterías en Wh

A_u: Autonomía

DOD: Profundidad de descarga (100%)

C_{tam}: Capacidad banco baterías en Ah

V_u: Voltaje de batería a elegir

C_{uam}: Capacidad baterías en Ah

N_b: Numero de baterías a elegir

➤ Fórmula de Cálculo de Regulador de Carga:

$$I_{ch} = \frac{P_{tmax}}{V_t (V) * 1,15} \rightarrow I_{ch} = \frac{1.450 \text{ Wp}}{24 \text{ V} * 1,15} = 52,5 \text{ Ah} \approx \mathbf{60 \text{ Ah}}$$

∴ Se necesitará un regulador de carga de 60 Ah, ya que se aproxima al amperaje existente en el mercado.

I_{ch}: Corriente de regulador de carga

V_t: Voltaje del sistema a elegir

- **Equipamiento:**

Inversor de 400W – 24V

4 paneles de 400W con inclinación de 37°

3 baterías de 24V – 420A

Regulador de carga de 24V – 60A

2.2 ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICA MÁS PERTINENTE PARA LAS NECESIDADES A CUBRIR:

2.2.1 Reciclaje de materialidad existente en terreno

- Teniendo en consideración los datos de los cálculos obtenidos anteriormente, se procede a generar una planificación de los materiales y su ubicación in situ.

1° Se utilizarán los 4 postes de acero galvanizado ya existentes de la iluminación tradicional, situados 2 postes en cada lado de mayor longitud de la cancha, ubicados a 9,5 metros de cada extremo.



FIGURA 24

2° Existen dos postes extras que están ubicados afuera de la multicancha, en el cual tienen gabinetes donde protegen el medidor, los automáticos y variados cables de la iluminaria tradicional existente; los cuales se reutilizaran para almacenar y/o proteger la batería, el inversor, regulador, automáticos y lo que sea necesario para la nueva instalación de iluminaria FV.



FIGURA 25



FIGURA 26



FIGURA 27

2.2.2 Procedimiento de instalación

- **Instalación y conexión del panel fotovoltaico.**

El panel solar puede instalarse ya sea en el techo de la vivienda o en un poste, no obstante, es más común que su instalación sea en un poste, pues las condiciones o características de los techos en los domicilios es muy variable y algunas veces inestable.

- Colocar el panel fotovoltaico en el soporte de acero que se ha construido para afirmarlo.

Considere el tipo de estructura metálica puede variar en tamaño y forma, familiarícese con ella antes de comenzar la colocación del panel solar. Al momento de colocar el panel en la estructura o soporte, hay que tener cuidado de no dañar el panel con los pernos. Una vez instalado, asegúrese que los pernos están bien fijados y el panel asegurado.

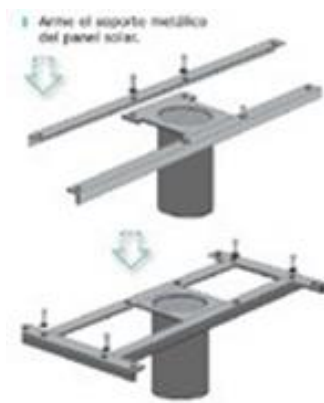


FIGURA 28

- Conectar los cables del panel.

Actualmente, algunos modelos de panel solar ya traen ensambladas las conexiones a la caja del panel solar, por tanto, no es necesario abrirla; esto para evitar está sea dañada al momento de realizar la conexión. No obstante, se revisa acciones claves para la conexión de los cables al panel. Estos son:

- 1) Mida la longitud del cable que necesitara, asegure el cable tiene la longitud suficiente para llegar del panel al controlador de carga.
- 2) Pele los extremos del cable con el alicate.
- 3) Quite la tapa de la caja que está en la parte de atrás del panel.

- 4) Identifique el polo positivo y negativo. Utilice el multímetro para verificar que el voltaje y el amperaje están bien, esto es que el valor obtenido debe corresponder a la etiqueta de atrás del panel o las características especificadas. Esta medición se puede realizar en circuito abierto sin estar conectado el panel a nada.
- 5) Ajuste el cable a los contactos indicados y asegure que el cable no puede zafarse. Para la instalación del sistema fotovoltaico, se utilizarán cables solares en rojo para el polo positivo y en negro para el polo negativo.
- 6) Si se utiliza un conector para sellar la salida del cable, tenga cuidado de que el cable no este tenso ni flojo.
- 7) Cierre la tapa.



FIGURA 29

➤ Montaje del panel en el poste.

- 1) Monte el panel –ya unido al soporte de metal-, en el poste de alumbrado público.
- 2) Aseguré la estructura al poste ajustando los pernos de manera uniforme.
- 3) Asegure los cables del panel solar sobre la parte metálica.



FIGURA 30

- Fije el panel en el lugar donde quedará instalado.

Para asegurar el funcionamiento adecuado del panel solar, éste debe estar ubicado de tal forma que capte la mayor cantidad de energía solar en el transcurso del día. Para ello, previo a fijar el panel, revise nuevamente que este cumple con los tres requisitos o factores claves:

- a) **Inclinación:** La energía solar es la única manera de que el sistema recupere energía, por tanto, el panel para cargarse a su máxima capacidad debe inclinarse paralelamente al sol del mediodía según su cercanía al ecuador, momento en que está a su máxima potencia.
- b) **Orientación:** El panel siempre debe orientarse hacia el Ecuador, que en el caso de Chile esta hacia el norte. Si no posee una brújula, puede ubicarse con su mano derecha hacia donde sale el sol y con la izquierda hacia donde se esconde, el Norte está ubicado frente a usted.
- c) **Ausencia de sombras:** Para asegurar la recepción óptima de los rayos del sol, debe asegurarse que cerca al panel solar no haya objetos que le den sombra, como árboles, casas u otros obstáculos.

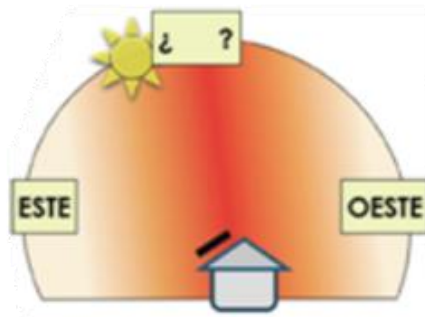


FIGURA 31

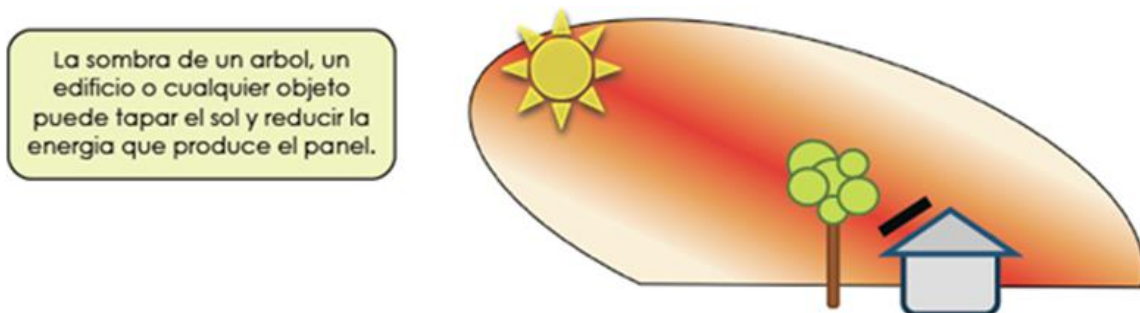


FIGURA 32

- **Instalación del Regulador de carga**

El regulador de carga al convertirse, metafóricamente, en el corazón del sistema fotovoltaico se encarga de distribuir la energía de forma estable. Para asegurar su adecuado funcionamiento este debe instalarse en un lugar seguro y libre de humedad.

➤ Fijar el regulador en el tablero de control.

Para colocar el Regulador en el tablero de control, debe considerarse que debe ir ubicado de tal forma que se deje espacio suficiente para poder realizar el cableado adecuadamente.

- 1) Coloque el regulador de carga en la plancha del tablero de control y ajústelo firmemente con los pernos o tornillos.
- 2) De preferencia, ponga la plancha dentro de una caja plástica o de metal para protegerla de la humedad, el polvo y/o la manipulación.
- 3) Fije la caja o gabinete de control a la pared. Elija un ambiente seco y alejado de la humedad. Además, debe ser un lugar accesible y visible para los usuarios.



FIGURA 33

- **Instalación de la Batería**

- Seleccionar el lugar adecuado para la batería.

La batería debe ser instalada en un espacio donde no lleguen los rayos del sol, que sea ventilado para que los gases se dispersen fácilmente y no se moje por la lluvia.

Lo mejor es colocar la batería en una caja de madera o de plástico para evitar que haga contacto con la tierra y se descargue. Además, debe colocarse cerca del tablero de control para evitar gastar mucho cable.

- Conectar la batería.

Para conectar la batería debemos ensamblar los conductores eléctricos a la bornera, recuerde debe conectar primero el borne Negativo (-) y luego el borne Positivo (+). Prepare los conductores eléctricos y conéctelos a la bornera, ajustando adecuadamente los pernos con las herramientas adecuadas. *(ver figura 34)*

- Conectar la batería al controlador de carga.

Una vez instalada la batería, los extremos libres de los conductores eléctricos deben conectarse al controlador de carga. *(ver figura 35)*

- Conectar el inversor a la batería.

El inversor se conecta a la batería para protegerla de descargas profundas y para convertir la energía continua a alterna.

- Conectar el interruptor termomagnético de protección al inversor.

El interruptor de protección cumple la función de proteger de cortocircuitos y sobrecargas a la instalación eléctrica. *(ver figura 36)*



FIGURA 34

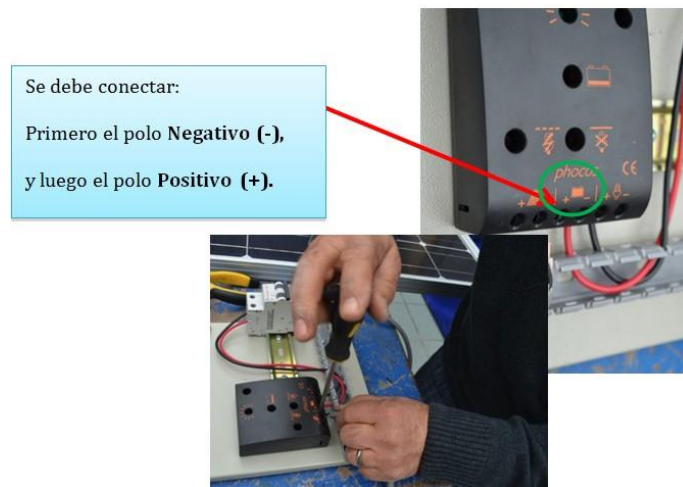


FIGURA 35

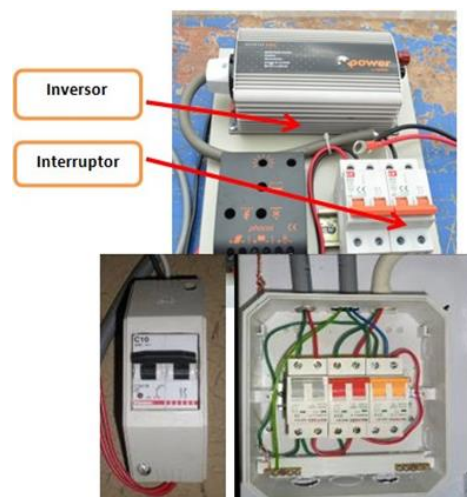


FIGURA 36

- **Conexión del panel fotovoltaico al regulador de carga**

Para realizar la conexión del panel fotovoltaico con el regulador, también debemos tener en cuenta que lo primero es conectar el polo Negativo (-) y luego es conectar el polo Positivo (+), esto es para evita algún corte o inconvenientes en la instalación.



FIGURA 37

2.2.3 Verificación del mantenimiento y operatividad del Sistema

El mantenimiento es una acción cuya responsabilidad se comparte con el usuario. Sin embargo, la mayor responsabilidad les corresponde a los usuarios, es necesario que se conozca las principales acciones a desarrollar, ya sea para orientarlos o bien para realizar el mantenimiento si fuera necesario, cuando se haga seguimiento a los sistemas fotovoltaicos que instale. Recuerde que las acciones de mantenimiento deben realizarse cada mes de forma sistemática y continua. Las principales acciones son:

1) Revisión del panel Solar:

- Revisar la orientación e inclinación del panel. Si no está bien ubicado, corregir la inclinación y la orientación.



FIGURA 38

- Revisar que el panel este limpio. Si no, limpiarlo solo dejándole caer agua. Asegúrese de no usar detergentes o jabón para limpiarlo.
- Revisar que no haya objetos que den sombra al panel solar, de existir, asegurar que estos sean removidos.



FIGURA 39

- Revisar las conexiones y pernos estén fijados adecuadamente, en caso contrario, ajustarlos.
- Revise si el panel no tiene rayones o alteraciones en las celdas fotovoltaicas. Dependiendo del daño consideré la necesidad de cambiarlo.



FIGURA 40

2) Revisión de la batería

- Examinar si la batería está rota o tiene alguna fuga. En ese caso, asegurarse que no sea utilizada hasta que se reponga nuevamente.
- Revisar que el nivel de voltaje de la batería sea el adecuado. Recuerde revisar el regulador de voltaje para asegurarse el estado de carga de la batería.
- Revisar los terminales y asegurarse que estén limpias. En caso contrario, limpiar con lija fina las borneras.
- Examinar los terminales y asegúrese que los conectores estén bien sujetos.



FIGURA 41

3) Revisión del tablero de control

- Verificar que el controlador esté libre de polvo y obstáculos. En caso contrario limpie con un paño seco.



FIGURA 42

- Revisar el controlador de carga y asegúrese que las conexiones no estén sueltas.
- Verificar los indicadores del funcionamiento del sistema para asegurarse que cada componente este funcionando adecuadamente.



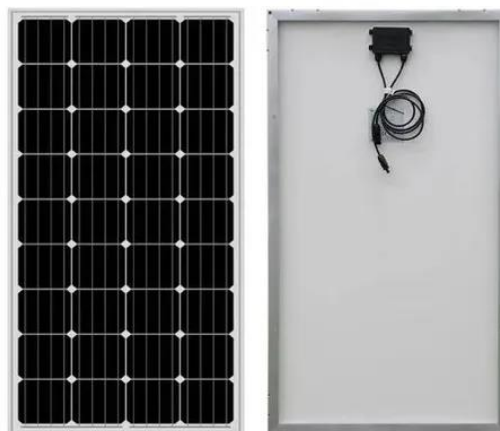
FIGURA 43

2.2.4 Materiales

- Inversor 400W-24V



- Panel solar 400 W monocristalino



- Batería ciclo profundo 24V-420A



- Regulador de carga MPPT 24V-60A



- Cable Solar Rojo 1x4 mm2 rollo 20mt



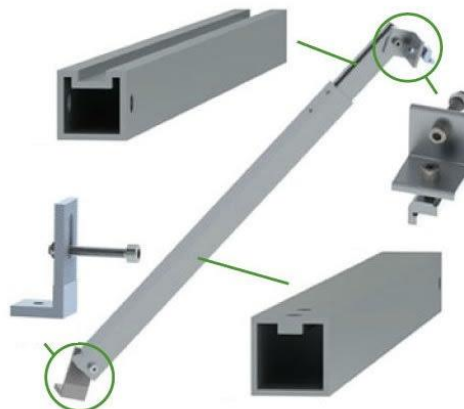
- Cable Solar Negro 1x4 mm2 rollo 20mt



- Conector Mc4 par Macho/Hembra



- Soporte Panel Solar Ajustable 30-60°



- Foco Exterior IP68 Led 90W



- Termomagnético general 32A



- Termomagnético 16A



- Diferencial 25A



- Hydrobox Tomacorriente Doble 16A



CAPITULO 3:

**“Evaluación económica para la propuesta de iluminación
fotovoltaica en multicancha ubicada en calle Herrera,
Chiguayante.”**

3.1 ESTUDIO DE COSTOS

- En el estudio de costos, se realizó un desglose detallado en tres secciones, las cuales son:
 - Materiales
 - Fletes, herramientas y Arriendos
 - Mano de Obra
- Los valores para considerar serán sin IVA incluido y se ingresarán en UF a la fecha de 27/02/2022 generando el presupuesto para la instalación fotovoltaica Off Grid.

3.1.1 Presupuesto

Materiales						
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P/U	Total	Total UF
1	Inversor 400W-24V	U	1	\$ 104.202	\$ 104.202	3,31
2	Panel solar 400 W monocristalino	U	4	\$ 134.370	\$ 537.480	17,05
3	Batería ciclo profundo 24V-420A	U	3	\$ 181.429	\$ 544.287	17,26
4	Regulador de carga MPPT 24V-60A	U	1	\$ 50.336	\$ 50.336	1,60
5	Cable Solar Rojo 1x4 mm2 rollo 20mt	U	3	\$ 12.605	\$ 37.815	1,20
6	Cable Solar Negro 1x4 mm2 rollo 20mt	U	3	\$ 12.605	\$ 37.815	1,20
7	Conector Mc4 par Macho/Hembra	U	20	\$ 1.092	\$ 21.840	0,69
8	Soporte Panel Solar Ajustable 30-60°	U	4	\$ 8.395	\$ 33.580	1,07
9	Foco Exterior IP68 Led 90W	U	4	\$ 9.160	\$ 36.640	1,16
10	Termomagnético general 32A	U	1	\$ 1.756	\$ 1.756	0,06
11	Termomagnético 16A	U	4	\$ 1.756	\$ 7.024	0,22
12	Diferencial 25A	U	1	\$ 10.916	\$ 10.916	0,35
13	Hydrobox Tomacorriente Doble 16A	U	4	\$ 5.874	\$ 23.496	0,75
Subtotal Materiales					\$ 1.447.187	45,92

Fletes, Herramientas y Arriendos						
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P/U	Total	Total UF
1	Andamio Torre Móvil, 3 cuerpos, 6 metros	día	5	\$ 32.500	\$ 162.500	5,15
2	Flete Traslado Andamios	U	2	\$ 25.000	\$ 50.000	1,59
3	Flete Traslado Materiales	U	2	\$ 25.000	\$ 50.000	1,59
4	Desgaste de Herramientas	GI	1	\$ 18.000	\$ 18.000	0,57
Subtotal Fletes, Herramientas y Arriendos					\$ 280.500	8,90

Mano de Obra						
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P/U	Total	Total UF
1	Técnico Eléctrico, Especialista Fotovoltaico, c/certificación SEC	H/día	36	\$ 11.200	\$ 403.200	12,79
2	Ayudante Eléctrico	H/día	36	\$ 4.000	\$ 144.000	4,57
3	Soldador	H/día	24	\$ 6.000	\$ 144.000	4,57
Subtotal					\$ 691.200	21,93
	Leyes Sociales	%	31		\$ 214.272	6,80
Subtotal Mano de Obra					\$ 905.472	28,73

3.1.2 Presupuesto Final

Ítem	Costo (\$)	Costo (UF)
Materiales	\$ 1.447.187	45,92
Fletes, Herramientas y Arriendos	\$ 280.500	8,90
Mano de Obra	\$ 905.472	28,73
Costo Directo Neto	\$ 2.633.159	83,55
Gasto General 18%	\$ 473.969	15,03
Utilidades 22%	\$ 579.295	18,38
Sub Total	\$ 3.686.423	116,96
IVA 19%	\$ 700.420	22,22
Total	\$ 4.386.843	139,18

- Se estima que en la instalación de este sistema Off Grid desarrollado, se tiene que invertir \$ 4.386.843 para efectuar este método fotovoltaico, considerando IVA, leyes sociales, gastos generales y utilidades.

3.2 RETORNO DE INVERSIÓN

- Considerando una inversión inicial para la implementación de sistema Off Grid FV con una vida útil de 20 años, se procede a estimar una comparación de costos entre la iluminación tradicional que posee la multicancha, con el sistema fotovoltaico que se desea ejecutar.

AÑO	Costo con Iluminación Tradicional	Inversión Sistema Off Grid FV
1	\$ 338.900	\$ 4.386.843
2	\$ 338.900	-
3	\$ 338.900	-
4	\$ 338.900	-
5	\$ 338.900	-
6	\$ 338.900	-
7	\$ 338.900	-
8	\$ 338.900	-
9	\$ 338.900	-
10	\$ 338.900	-
11	\$ 338.900	-
12	\$ 338.900	-
13	\$ 338.900	-
14	\$ 338.900	-
15	\$ 338.900	-
16	\$ 338.900	-
17	\$ 338.900	-
18	\$ 338.900	-
19	\$ 338.900	-
20	\$ 338.900	-
TOTAL	\$ 6.778.000	\$ 4.386.843

- Proyectando los costos a 20 años, en la iluminación tradicional, se genera \$6.778.000; por lo tanto, al ejecutar la instalación FV a este mismo periodo, se logrará una cifra de \$2.391.157 en ahorro.

➤ **ILUMINACIÓN TRADICIONAL ACTUAL**

Iluminación tradicional al mes = \$ 26.069 aprox.

Iluminación tradicional al año = \$ 338.900 aprox.

COSTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO ...	AÑO 20
ILUMINACIÓN TRADICIONAL	\$ 338.900	\$ 338.900	\$ 338.900	/	\$ 338.900
TOTAL					\$6.778.000

➤ **ILUMINACIÓN SISTEMA FV**

Materiales = \$ 1.447.187

Arriendos, Fletes y Herramientas = \$ 280.500

Mano de obra = \$ 905.472

Gasto General 18% = \$ 473.969

Utilidades 22% = \$ 579.295

IVA 19% = \$ 700.420

COSTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO ...	AÑO 20
ILUMINACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO	\$ 4.386.843	/	/	/	/
TOTAL					\$ 4.386.843

➤ **Porcentaje de equivalencia**

$$\frac{\text{CAE iluminación sistema FV}}{\text{CAE iluminación tradicional}} * 100 \rightarrow \frac{4.386.843}{6.778.000} * 100 \rightarrow 64,7 \% \rightarrow 65\%$$

- El sistema de iluminación fotovoltaico Off Grid, se expresa como un 65% del costo, a 20 años, de la iluminación tradicional existente, por ende, el ahorro que se expresa sería de un 35%; además de recuperar la inversión a los 13 años una vez instalado el sistema FV, por lo que se genera una ganancia de ahorro de 6 años en gastos a causa de iluminación tradicional.

CONCLUSIÓN

Este trabajo de título que he desarrollado me permitió aumentar mis conocimientos en el uso de ERNC y en el ámbito eléctrico fotovoltaico, además de adquirir un plus en mi vida como profesional de Ingeniero Constructor de la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Concepción.

El emplear energía fotovoltaica reemplazando la energía tradicional de sistema interconectado, permite que exista iluminación durante toda la noche en el sector lo cual da una seguridad a los vecinos aledaños. Es más en caso de algún problema eléctrico y/o de algún siniestro sísmico o terremoto ya que nuestro país es propenso a estos movimientos, permite que esta multicancha sea un centro de concentración de vecinos iluminado y seguro.

La zona en donde está emplazada esta multicancha, en Chiguayante, es un sector en donde existe una gran capacidad de captación solar, por lo que este proyecto permite ser altivo gran parte del tiempo ya sea en verano y en invierno por el uso de baterías que permite almacenar energía aun cuando allá bastante nubosidad.

A la vez determine a través de este estudio de tesis que este proyecto es factible desde un punto de vista económico que se financia la inversión en 13 años empleando iluminación fotovoltaica.

Considero que se deberían realizar mas estudios de tesis con el propósito de fomentar nuevos proyectos de iluminaciones, utilizando otros tipos de energías renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_completa/0,1313,ISID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html
- <https://solarama.mx/blog/componentes-necesarios-para-la-instalacion-de-paneles-solares/>
- <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- https://www.grupo-epm.com/site/Portals/1/biblioteca_epm_virtual/tesis/impacto_ambiental_de_los_sistemas_de_iluminacion_luminica.pdf
- <https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/Gui%CC%81a-de-Buenas-y-Malas-Pra%CC%81cticas.pdf>
- https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26691/2/BCN_Regulacion_luminica_en_Chile_DEF.pdf
- <https://www.risoul.com.mx/blog/que-es-el-factor-de-potencia-y-en-que-me-beneficia>
- <https://blog.nuoplanet.com/grados-proteccion-ip>
- <http://amcenergia.cl/que-es-una-certificacion-te4-y-te1/>
- <https://solar.minenergia.cl/inicio>
- <https://www.areatecnologia.com/electricidad/calculo-fotovoltaica.html>
- <https://enerlife.cl/calculadora/offgrid/>
- <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/ppt10-dise%C3%B1o-fv-off-grid.pdf?sfvrsn=0>
- <http://plataformasolar.die.udec.cl/files/guia%20dise%C3%B1o%20off-grid.pdf>
- https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022014000300008
- <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/como-instalar-paneles-solares/>
- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>