

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

**PROYECTO FOTOVOLTAICO PARA EDIFICIO DE
BIBLIOTECA UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA
MARIA SEDE CONCEPCIÓN.**

FRANCISCO ARRIAGADA URRUTIA.

2018

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN
“REY BALDUINO DE BELGICA”**

**PROYECTO FOTOVOLTAICO PARA EDIFICIO DE BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA SEDE
CONCEPCIÓN.**

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

Alumno: Francisco Arriagada Urrutia

Profesor Guía: Cristopher Pérez.

2018

Índice

1	INTRODUCCION.....	1
	EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	2
	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
	METODOLOGÍA PROPUESTA	4
	OBJETIVOS.....	5
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
	MARCO TEORICO	6
	MARCO NORMATIVO	8
	CAPITULO 1: DETERMINACION DEL CONSUMO ENERGETICO EN BIBLIOTECA UTFSM SEDE CONCEPCION.....	10
1.1	CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION.....	11
1.2	CONSUMO ENERGETICO DEL EDIFICIO.	12
1.2.1	<i>CLASIFICACION DE LOS SECTORES DEL EDIFICIO.</i>	<i>12</i>
1.2.2	<i>CLASIFICACION DE LOS ARTEFACTOS.</i>	<i>17</i>
1.2.3	<i>ENCUESTA DECLARACION DE GASTO MENSUAL DE ENERGIA.</i>	<i>20</i>
1.3	RESULTADOS DEL CONSUMO MENSUAL.....	38
	2 CAPITULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA EDIFICACION.	40
2.1	ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	41
2.2	AZIMUT, INCLINACION Y ORIENTACION	44
2.2.1	<i>AZIMUT.</i>	<i>44</i>
2.2.2	<i>INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN.</i>	<i>45</i>
2.3	COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	46
2.3.1	<i>MATERIALIDAD DE LAS CELULAS SOLARES.....</i>	<i>48</i>
2.3.2	<i>POTENCIA PROMEDIO DE UN MODULO FOTOVOLTAICO.</i>	<i>50</i>
2.4	CONEXION EN SERIE Y EN PARALELO.	51
2.4.1	<i>CONEXIÓN EN SERIE.</i>	<i>51</i>
2.4.2	<i>CONEXIÓN EN PARALELO.</i>	<i>51</i>
2.4.3	<i>CONSIDERACIONES PARA EL CONEXIONADO SERIE/PARALELO.</i>	<i>52</i>
2.5	CALCULO DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS.....	53
2.5.1	<i>CALCULO DE LOS MODULOS SIN CONSIDERAR SUPERFICIE HABIL</i>	<i>53</i>
2.5.2	<i>CALCULO DE LOS MODULOS CONSIDERANDO SUPERFICIE HABIL</i>	<i>56</i>
	3 CAPITULO 3: CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS PARA EL SOPORTE DEL SISTEMA FOTOFOLTAICO.....	70
3.1	DEFINICIONES.....	71
3.2	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS PARA EL SOPORTE DEL SF.	72
3.3	GUIA PARA LA INSTALACION DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.	78
3.3.1	<i>INTRODUCCION.</i>	<i>78</i>
3.3.2	<i>INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</i>	<i>79</i>
	4 CAPÍTULO 4: EVALUACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	85

4.1	LEY DE GENERACION DISTRIBUIDA.....	86
4.2	EVALUACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	88
4.2.1	<i>INVERSION</i>	90
4.2.2	<i>INGRESOS</i>	90
4.2.3	<i>COSTOS</i>	90
4.2.4	<i>DEPRECIACIONES</i>	91
4.2.5	<i>TASA DE DESCUENTO</i>	91
4.3	RESULTADOS DE LA EVALUACION	93
4.3.1	<i>VAN</i>	93
4.3.2	<i>TIR</i>	94
4.3.3	<i>PRI</i>	95
4.4	ALTERNATIVA DE FINANCIAMIENTO.....	96
4.4.1	<i>PROGRAMA TECHO SOLARES PUBLICOS</i>	96
4.4.2	<i>ETAPAS DEL PTSP</i>	96
4.4.3	<i>CARACTERISTICAS ADMINISTRATIVAS DEL INMUEBLE Y SU ENTORNO</i>	97
4.4.4	<i>CARACTERISTICAS DEL INMUEBLE Y TECHO</i>	98
4.5	RESULTADOS CON ALTERNATIVA DE FINANCIAMIENTO	99
4.5.1	<i>VAN</i>	99
4.5.2	<i>TIR</i>	99
4.5.3	<i>PRI</i>	99
	CONCLUSIÓN	101

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Pag.

CAPITULO 1 DETERMINACION DEL CONSUMO ENERGETICO EN BIBLIOTECA UTFSM SEDE CONCEPCIÓN.....	10
Imagen 1-1. Foto del edificio Daniel Alcalay Lowitt.....	11
Imagen 1-2. Division de sectores 1° nivel del edificio.....	13
Imagen 1-3. Division de sectores 2° nivel del edificio.....	14
Imagen 1-4. Division de sectores 3° nivel del edificio.....	15
Imagen 1-5. Division de sectores 4° nivel del edificio.....	16
Imagen 1-6. Artefactos tipo luminaria.....	17
Imagen 1-7. Artefactos tipo aparatos.....	18
Imagen 1-8. Artefactos tipo calefacción.....	19
Imagen 1-9. Encuesta DGME.....	20
CAPITULO 2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA EDIFICACION ..	40
Imagen 2-1. Explorador solar de la universidad de Chile.....	41
Imagen 2-2. Zona geografica UTFSM Concepción.....	41
Imagen 2-3. Azimut y elevación.....	44
Imagen 2-4. Ángulo de inclinación para un S.F.....	45
Imagen 2-5. Orientación para el S.F.....	46
Imagen 2-6. Celulas de silicio monocristalino.....	48
Imagen 2-7. Celulas de silicio policristalino.....	49
Imagen 2-8. Silicio amorfo.....	49
Imagen 2-9. Conexión en serie.....	51
Imagen 2-10. Conexión en paralelo.....	52
Imagen 2-11 Formulario para la generación F.V del explorador solar.....	57
Imagen 2-12 Diagrama unilineal del S.F.....	59

CAPITULO 3 CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS PARA EL

SOPORTE DEL S.F.....	70
Imagen 3-1. Modelo de la cubierta existente.....	72
Imagen 3-2. Foto satelital de la cubierta existente.....	72
Imagen 3-3. Foto viga y entablado de techumbre existente.....	73
Imagen 3-4. Foto cercha existente.....	74
Imagen 3-5. Perfiles soportantes de la estructura a armar.....	75
Imagen 3-6. Vigas soportantes del S.F.	75
Imagen 3-7. Vigas soportantes del S.F.	75
Imagen 3-8. Estructura soportante del S.F.....	76
Imagen 3-9. Malla de acero sobre la estructura de soporte.....	77
Imagen 3-10. Modelo de la estructura soportante del S.F.	77
Imagen 3-11. Correcto alineamiento de los paneles F.V.....	80
Imagen 3-12. Incorrecto alineamiento.....	80
Imagen 3-13. Correcto distanciamiento entre sombras... ..	81
Imagen 3-14. Incorrecto distanciamiento entre sombras... ..	81
Imagen 3-15. Correcta conexión.....	82
Imagen 3-16. Conexión deficiente.....	82
Imagen 3-17. Correcta proteccion del cableado... ..	83
Imagen 3-18. Correcta aislacion... ..	83
Imagen 3-19. Deficiente aislacion.... ..	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Pag.

CAPITULO 1 DETERMINACION DEL CONSUMO ENERGETICO EN

BIBLIOTECA UTFSM SEDE CONCEPCIÓN.....	10
Gráfico 1-1. Consumo horario tipo del mes de enero.....	30
Gráfico 1-2. Consumo horario tipo del mes de febrero..	31
Gráfico 1-3. Consumo horario tipo del mes de marzo.....	31
Gráfico 1-4. Consumo horario tipo del mes de abril..	32
Gráfico 1-5. Consumo horario tipo del mes de mayo.....	32
Gráfico 1-6. Consumo horario tipo del mes de junio..	33
Gráfico 1-7. Consumo horario tipo del mes de julio..	33
Gráfico 1-8. Consumo horario tipo del mes de agosto..	34
Gráfico 1-9. Consumo horario tipo del mes de septiembre..	34
Gráfico 1-10. Consumo horario tipo del mes de octubre.....	35
Gráfico 1-11. Consumo horario tipo del mes de noviembre.....	35
Gráfico 1-12. Consumo horario tipo del mes de diciembre.....	36
Gráfico 1-13. Consumo diario mensual tipo.....	37
Gráfico 1-14. Resultado del consumo energetico mensual.....	39

CAPITULO 2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA

EDIFICACION ..	40
Gráfico 2-1. Radiación global horizontal..	42
Gráfico 2-2. Variacion anual de la radiación.....	43
Gráfico 2-3. Consumo vs generación F.V enero..	61
Gráfico 2-4. Consumo vs generación F.V febrero.....	62
Gráfico 2-5. Consumo vs generación F.V marzo..	62
Gráfico 2-6. Consumo vs generación F.V abril.....	63
Gráfico 2-7. Consumo vs generación F.V mayo..	63
Gráfico 2-8. Consumo vs generación F.V junio..	64
Gráfico 2-9. Consumo vs generación F.V julio..	64
Gráfico 2-10. Consumo vs generación F.V agosto.....	65
Gráfico 2-11. Consumo vs generación F.V septiembre.....	65

Gráfico 2-12. Consumo vs generación F.V octubre..	66
Gráfico 2-13. Consumo vs generación F.V noviembre..	66
Gráfico 2-14. Consumo vs generación F.V diciembre..	67
Gráfico 2-15. Generacion fotovoltaica mensual promedio.....	67
Gráfico 2-16. Resultados del consumo vs generacion fotovoltaica.....	69

ÍNDICE DE TABLAS.

Pag.

CAPITULO 1 DETERMINACION DEL CONSUMO ENERGETICO EN BIBLIOTECA UTFSM SEDE CONCEPCIÓN.....	10
Tabla 1-1. Superficie por nivel del edificio Daniel Alcalay Lowitt..	12
Tabla 1-2. Consumo 1° nivel de artefactos por hora..	21
Tabla 1-3. Horas diarias de uso de artefactos por mes..	22
Tabla 1-4. Consumo 2° nivel de artefactos por hora..	23
Tabla 1-5. Horas diarias de uso de artefactos por mes..	24
Tabla 1-6. Consumo 3° nivel de artefactos por hora..	25
Tabla 1-7. Horas diarias de uso de artefactos por mes..	26
Tabla 1-8. Consumo 4° nivel de artefactos por hora..	27
Tabla 1-9. Horas diarias de uso de artefactos por mes..	28
Tabla 1-10. Consumo energetico horario mensual..	29
Tabla 1-11. Consumo diario mensual en kWh/día..	37
Tabla 1-12. Resultados del consumo energetico mensual..	38
CAPITULO 2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA EDIFICACION ..	40
Tabla 2-1. Radiación directa vs radiación en plano inclinado.....	43
Tabla 2-2. Obtencion del factor de energía.....	54
Tabla 2-3. Caracteristicas del sistema fotovoltaico..	60
Tabla 2-4. Generacion fotovoltaica horario mensual.....	60
Tabla 2-5. Generacion fotovoltaica diaria..	61
Tabla 2-6. Resultados de excedentes vs deficiencia de la generación F.V.....	68
CAPITULO 4 EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	85
Imagen 4-1. Total de instalaciones declaradas por regiones.....	87
Imagen 4-2. Resultados de excedentes/ deficiencias de la generación F.V.....	88
Imagen 4-3. Ingresos, Egresos y rendimientos de la generación F.V.....	92
Imagen 4-4. Resumen de resultados..	100

INTRODUCCION

En Chile, al año 2017, el sistema Eléctrico Nacional (SEN) que comprende el Sistema Interconectado Norte Grande y el Sistema Interconectado Central (de Arica a Chiloé), cubre el 99.25% de la energía eléctrica que consume el país, el 89.7% de la generación eléctrica proviene de fuentes de energía no renovables, el primer lugar lo ocupan las termoeléctricas con un 60.3% y luego viene la generación hidráulica con un 29.4%. Solo el 10.3% proviene de fuentes de energía renovables como son los parques eólicos (4.7%), la energía fotovoltaica (5.2%), la energía geotérmica, biomasa, entre otros (2.4%). Fuente: Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Energía (CNE), 2017.

Actualmente la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción, hace uso del 100% de la energía eléctrica suministrada por la red de distribución proveniente del SEN para su funcionamiento normal. Este suministro energético proviene en su mayor parte de fuentes de energías no renovables y/o convencionales (Termoeléctricas e Hidroeléctricas). Estas fuentes de energía, si bien son necesarias aun por la capacidad instalada que posee el SEN (23.729 MW), también impactan directamente al medio ambiente ya sea por los gases de efecto invernadero provocados por la quema de combustible fósil (termoeléctricas), como al ecosistema (hidroeléctricas).

El consumo y el precio de la energía eléctrica cada año va en alza, el edificio de biblioteca de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción demanda diariamente un uso continuo de energía dada la cantidad de alumnos y funcionarios que hacen uso de esta.

Por todo lo señalado anteriormente y debido a la participación de la Universidad en diversas iniciativas que buscan potenciar el desarrollo energético del país, nace la motivación de crear este proyecto que busca dar una solución sustentable-sostenible al consumo energético del edificio Alcalay (Biblioteca) UTFM sede Concepción disminuyendo el costo energético actual y fomentar las tecnologías de energías renovables dentro de la universidad, todo esto mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico que suministrara energía renovable al edificio biblioteca de

la UTFSM sede Concepción.

El objetivo principal es proponer un sistema de abastecimiento energético a base de energía solar fotovoltaica y evaluar económicamente la implementación del sistema fotovoltaico. Lo primero será determinar el consumo energético actual del edificio Daniel Alcalay Lowitt ya que este no cuenta con remarcador (medidor) para después, diseñar el sistema de paneles fotovoltaicos proponiendo las características constructivas mínimas para el soporte del proyecto y compararlas con las actuales de la edificación. Finalmente, se evaluarán indicadores tales como rentabilidad, horizonte de vida del proyecto, periodo de retorno de la inversión, etc.

EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La energía es considerada un agente primario en la generación de bienestar y un factor significativo en el desarrollo económico de los países (T. Bradford. Solar revolution: the economic transformation of the global energy industry. Estados Unidos. MIT Press books, 2006)

En la actualidad la mayoría de las personas tienen conciencia que la situación energética en el largo plazo es insostenible, principalmente debido a los diversos problemas que generan los sistemas actuales de mayor cobertura energética como lo son las termoeléctricas e hidroeléctricas. La generación de gases de efecto invernadero, el agotamiento de las fuentes de combustibles fósiles, la contaminación del aire, la disminución de la capa de ozono y el calentamiento global son grandes causas del uso de energías no renovables.

Además de los impactos ambientales y de salud negativos que generan estos tipos de energía, su consumo y precio siguen en alza cada año, lo que es un problema también al bolsillo de las personas.

La Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción depende en un 100% de la energía que suministra la red de distribución eléctrica proveniente del SEN, ante cualquier caída del Sistema Eléctrico Nacional, esta tendría un funcionamiento limitado en sus operaciones normales.

El edificio Daniel Alcalay Lowitt (biblioteca) de la UTFSM demanda diariamente el uso constante de energía eléctrica para abastecer el consumo producido por equipos electrónicos, equipos de iluminación, sensores, calefactores, etc, que son de apoyo en las labores de docentes, funcionarios, estudiantes y que además, mantiene operativo el edificio de acuerdo a su función dentro de la Universidad.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Chile posee una de las tasas de irradiación solar más grandes del mundo, por lo mismo, es que en los últimos años se ha explotado con mayor fuerza la energía solar fotovoltaica dando lugar a una generación eléctrica del 5.2% dentro del SEN. Fuente: Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Energía (CNE), 2017.

Además, el país cuenta desde el 2015 con una política energética a largo plazo llamada “energía 2050”. El objetivo es construir una visión compartida para el desarrollo del futuro del sector energético con la validación social, política y técnica. La meta es lograr que al año 2050, el 70% de la energía generada en Chile, provenga de fuentes renovables. Esta política se basa en 4 pilares fundamentales, estos son:

- 1.- Seguridad y calidad de suministros.
- 2.- Energía como motor de desarrollo.
- 3.- Energía compatible con el medio ambiente.
- 4.- Eficiencia y educación energética.

Fuente: Política energética nacional, 2017

Este proyecto, propone una solución sustentable-sostenible para el abastecimiento energético del edificio Daniel Alcalay Lowitt (biblioteca UTFSM sede Concepción) creando una independencia energética a base de energía renovable (solar fotovoltaica) y una mitigación al consumo actual de energía convencional dentro de la Universidad disminuyendo costos económicos de la factura mensual eléctrica y reduciendo colateralmente los efectos negativos que generan la producción de energía convencional (termoeléctricas e Hidroeléctricas) en el país.

Se busca fomentar las tecnologías renovables dentro de la Universidad apoyando a la misión y visión de la UTFSM como líder en Ingeniería, ciencia y tecnología manteniendo el compromiso social con la política Chilena de energía.

METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología que se propone para lograr los objetivos parte en primera instancia, determinando el consumo eléctrico del edificio biblioteca mediante planillas que cuantifiquen y describan el consumo teórico producido por cada artefacto electrónico, luminario, etc. Estos datos servirán posteriormente para determinar la cantidad de paneles solares que se usarán en el proyecto.

Luego se hará un estudio para determinar en promedio la irradiación solar que percibe la biblioteca durante las 4 estaciones del año y así, determinar cuál será la zona de mayor rendimiento para la ubicación del sistema solar fotovoltaico.

Posteriormente se realizará un estudio técnico para determinar la cantidad de paneles solares en función de su ubicación. En su ubicación, se propondrán las características constructivas mínimas que se requieren para el soporte del sistema fotovoltaico y estas características, se compararan con las actuales de la edificación.

Finalmente, se tomará el consumo actual de la edificación junto con todos los antecedentes de consumo fijos y variables en las diferentes estaciones del año y

mediante la determinación del suministro fotovoltaico, se evaluará el proyecto dentro de un horizonte de tiempo igual al de la vida útil del panel solar, midiendo índices como rentabilidad, retorno de la inversión, etc.

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer un sistema de abastecimiento energético mediante paneles fotovoltaicos para el edificio Biblioteca USM sede Concepción.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el consumo energético en edificio biblioteca UTFSM sede Concepción.
- Diseñar el sistema de paneles fotovoltaicos para el abastecimiento energético del edificio biblioteca de la UTFSM sede Concepción.
- Sugerir las características constructivas mínimas para el soporte del sistema fotovoltaico y compararlas con las actuales.
- Evaluar económicamente la implementación del sistema fotovoltaico para edificio biblioteca de la UTFSM sede Concepción.

MARCO TEORICO

Energía solar fotovoltaica:

Es la energía obtenida a partir de la radiación solar. La radiación solar es la energía radiante emitida por el sol y se genera a partir de las reacciones termonucleares de fusión que se producen en el núcleo solar. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse activamente, a través de la implementación de dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde. Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad. El calor se logra mediante los captadores o colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos o celdas fotovoltaicas (Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones. Zapata Castaño, 2011).

¿Cómo funciona?

La luz del sol (que está compuesta por fotones) incide en las células fotovoltaicas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas. Así se genera un circuito eléctrico. Cuanto más intensa sea la luz, mayor será el flujo de electricidad. Además, no es necesario que haya luz directa, ya que en días nublados también funciona.

Se distinguen tres tipos de radiación solar en función de cómo inciden los rayos del sol sobre la Tierra:

- Directa: Es la recibida desde el sol, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- Difusa: Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- Albedo o Reflejada: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

De entre los tres tipos, la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas y foto térmicas. Aun que en días nublados (por temas

meteorológicos) en los cuales no se recibe radiación directa (o debido a algún obstáculo), se continúa recibiendo radiación solar sobre la superficie debido a la radiación difusa.

En consecuencia, la radiación solar total será igual a la suma de todos los tipos de radiaciones (Energía Solar fotovoltaica. Oscar Perpiñán Lamigueiro, 2012).

$$\text{Radiación total} = \text{Radiación directa} + \text{Radiación difusa} + \text{Radiación de albedo}$$

Sistema solar fotovoltaico Off-Grid

Los sistemas Off-Grid, o sistemas autónomos, son aquellos que se diseñan para operar en forma independiente de la red eléctrica. En este caso, la energía producida por los paneles fotovoltaicos se almacena en un banco de baterías. Luego las cargas se energizan desde las baterías, ya sea en forma directa o mediante un inversor de corriente para generar energía en 220 Vac.

Usualmente, estos sistemas se combinan con un generador auxiliar de modo de poder contar con energía de respaldo en caso de haber días con poca radiación, o bien con mucha demanda energética.

Sistema solar fotovoltaico On-Grid

Los sistemas de paneles fotovoltaicos On-Grid permiten generar energía para consumo propio (con el debido ahorro de energía que ello implica) y, además, inyectar al sistema eléctrico (específicamente, a la red de distribución) los excedentes de energía producida y no consumida y recibir pagos por la inyección de dicha energía.

El usuario puede comercializar la energía que genere directamente o convenir su comercialización con la empresa distribuidora.

MARCO NORMATIVO

- Ley N° 20.257	Ley ERNC
- Ley N° 20.571	Ley de Generación Distribuida o Net Billing
- Decreto N° 244	Aprueba reglamento para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación establecidos en la Ley General de Servicios Eléctricos.
- NCh 2970.Of2005 61683:1999	Energía fotovoltaica - Sistemas fotovoltaicos Acondicionadores de potencia - Procedimiento para la medición del rendimiento.
- NCh2976.Of2005	Energía fotovoltaica - Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicaciones terrestres - Calificación del diseño y aprobación de tipo.
- NCh2922.Of2005	Energía fotovoltaica - Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico al daño por impacto accidental.
- NCh2927.Of2005	Energía fotovoltaica - Sistemas generadores fotovoltaicos terrestres - Generalidades y guía.
- NCh2902.Of2004 IEC 61836:1997	Energía fotovoltaica - Sistemas de energía solar fotovoltaica. Términos y símbolos.
- NCh2956.Of2005 IEC 61646:1996	Energía fotovoltaica - Módulos fotovoltaicos de lámina delgada para aplicaciones terrestres - Calificación del diseño y aprobación de tipo.

- NCh2903/1.Of2004 IEC 60904-1:1987	Energía fotovoltaica - Dispositivos fotovoltaicos –Parte 1: Medición de las características corriente-tensión fotovoltaicas.
- NCh2903/3.Of2004 IEC 60904-3:1989	Energía fotovoltaica - Dispositivos fotovoltaicos –Parte 3: Principios de medición de dispositivos solares fotovoltaicos terrestres con datos de irradiancia espectral de referencia.
- NCh2903/2.Of2004	Energía fotovoltaica - Dispositivos fotovoltaicos –Parte 2: Requisitos de las celdas solares de referencia.
- NCh2903/10.Of2004 IEC 60904-10:1998	Energía fotovoltaica - Dispositivos fotovoltaicos –Parte 10: Métodos de medición de la linealidad.
- NCh2940.Of2005 IEC 61173:1992	Energía fotovoltaica - Protección contra las sobretensiones de los sistemas generadores fotovoltaicos – Guía.

**CAPITULO 1: DETERMINACION DEL CONSUMO
ENERGETICO EN BIBLIOTECA UTFSM SEDE
CONCEPCION.**

1.1 CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION.

El edificio Daniel Alcalay Lowitt, más conocido como biblioteca se emplaza en el sector Este de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción, es una edificación aislada Clase B (Estructura de hormigón armado con entrepisos de losas de hormigón armado) según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. La edificación consta de 4 niveles con una superficie total de 1.367,68 m² como se puede observar en la siguiente tabla. (Datos obtenidos de los planos de planta confeccionados el año 2017 por el Arquitecto Juan Mora Riquelme, ver anexo 1)



Imagen 1-1. Foto del edificio Daniel Alcalay Lowitt.

Tabla de superficies por nivel del edificio Daniel Alcalay Lowitt

Nivel	Superficie
1 nivel	332,63 m ²

2 nivel	285,29 m ²
3 nivel	377,53 m ²
4 nivel	372,23 m ²
TOTAL	1.367,68 m ²

Tabla 1-1. Superficies por nivel del edificio Daniel Alcalay Lowitt.

Fuente: Elaboración propia.

1.2 CONSUMO ENERGETICO DEL EDIFICIO.

El edificio biblioteca no cuenta con un remarcador o medidor eléctrico para poder visualizar la cantidad de kilowatt que esté consume mensualmente, por lo tanto, para determinar la potencia (kW) que consume el edificio, se realizó un levantamiento de todos los artefactos que existen en este. El levantamiento se hizo en cada nivel del edificio y apoyado de una encuesta denominada "Declaración de gasto mensual energético" (anexo 2) se determinó la cantidad de artefactos que usan los docentes y funcionarios en sus lugares de trabajo, además del tiempo promedio diario de uso de estos artefactos.

1.2.1 CLASIFICACION DE LOS SECTORES DEL EDIFICIO.

Para facilitar el levantamiento de los artefactos de consumo eléctrico y con la ayuda de los planos arquitectónicos del edificio, cada nivel se separó por sectores como se muestra a continuación.

1.2.1.1 PRIMER NIVEL.

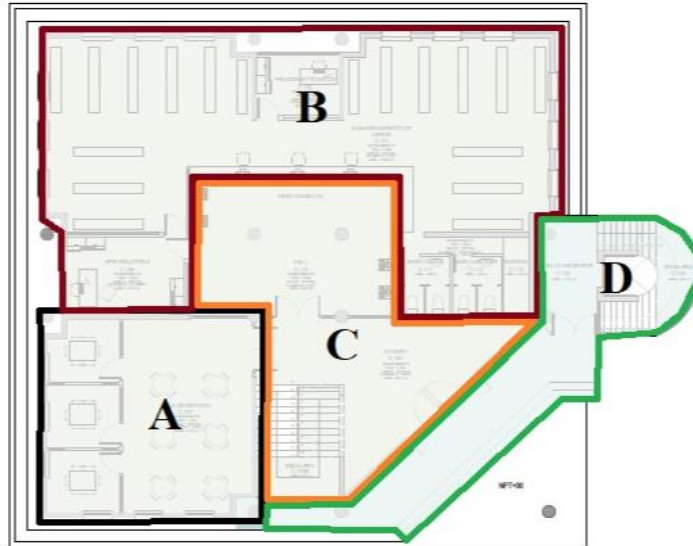


Imagen 1-2. División de sectores 1° nivel en el edificio Daniel Alcalay Lowitt.

El primer nivel del edificio se separó en 4 sectores: A-B-C y D. El sector A comprende la sala de estudio, lugar donde los alumnos hacen uso mayormente en los periodos de certámenes y/o evaluaciones.

El sector B que comprende dos oficinas, la zona de almacenamiento de libros, 2 baños de damas, 2 baños de varones y una pequeña bodega.

El sector C comprende el Hall de biblioteca, Hall de acceso al edificio, una pequeña oficina de fotocopidora y la escalera hacia el segundo nivel.

El sector D comprende la entrada exterior del edificio, el pasillo de ascensor y la escalera hacia los próximos niveles.

1.2.1.2 SEGUNDO NIVEL.

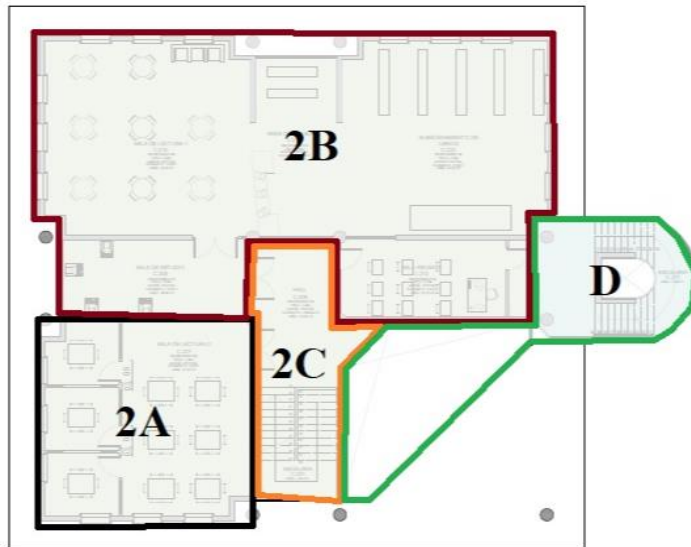


Imagen 1-3. División de sectores 2° nivel en el edificio Daniel Alcalay Lowitt.

El segundo nivel se separó en los sectores 2A, 2B, 2C y el sector D que contempla los mismos lugares que se describen en el primer nivel.

El sector 2A comprende las salas de estudio del segundo nivel en donde al igual que en el primer nivel, los estudiantes hacen uso de este sector.

El sector 2B comprende una sala de computación, una sala de lectura, una zona de almacenamiento de libros y una sala de reuniones y/o presentaciones.

El sector 2C contempla el Hall del segundo nivel y la escalera hacia el tercer nivel.

1.2.1.3 TERCER NIVEL.



Imagen 1-4. División de sectores 3° nivel en el edificio Daniel Alcalay Lowitt.

El tercer nivel del edificio se separó en los sectores 3A, 3B, 3C, 3E y D que contempla los mismos lugares que se describen en el primer nivel.

El sector 3A corresponde al Centro Integrado de Aprendizaje de Ciencias Básicas (CIAC) y está integrado por dos salas.

El sector 3B está compuesto por dos baños para varones, un baño para damas, siete oficinas, una sala de reuniones y el pasillo que conecta las oficinas.

El sector 3C está compuesto por el Hall del tercer piso, un pasillo que conecta con el ascensor y la escalera hacia el cuarto nivel.

El sector 3E corresponde a Promoción Universitaria y está compuesto por dos oficinas y una bodega.

1.2.1.4 CUARTO NIVEL.

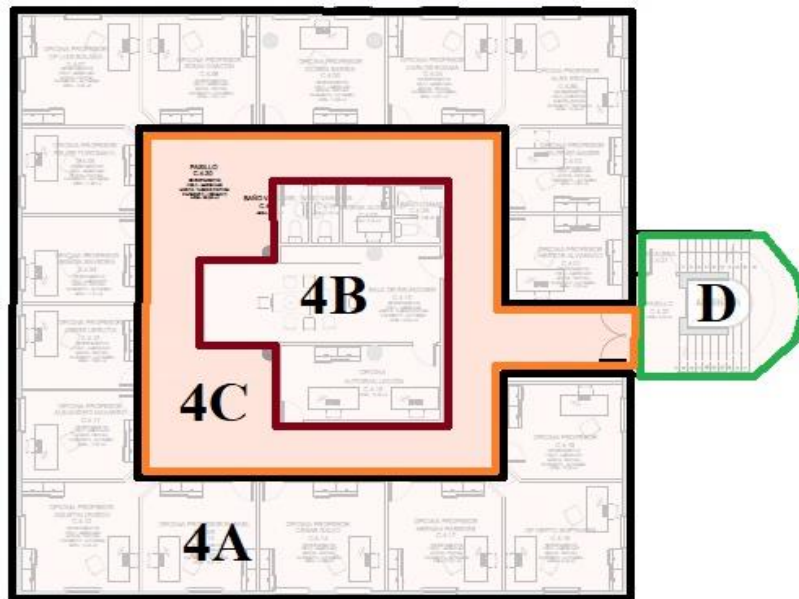


Imagen 1-5. División de sectores 4º nivel en el edificio Daniel Alcalay Lowitt.

Por último, el cuarto nivel del edificio se separó en los sectores 4A, 4B, 4C y D que contempla los mismos lugares que se describen en el primer nivel.

El sector 4A contempla diecisiete oficinas.

El sector 4B contempla una sala de reuniones, una oficina, dos baños para varones, un baño para damas y una pequeña bodega.

El sector 4C contempla todo el pasillo del cuarto nivel.

1.2.2 CLASIFICACION DE LOS ARTEFACTOS.

Los artefactos que producen consumo energético en el edificio se clasificaron en 3 principales grupos, esto se hizo para identificar el tipo de artefacto y poder asignarle la potencia correspondiente de acuerdo a su consumo.

Los grupos son:

1. Luminarias: Son artefactos fijos, es decir, no sufrirán cambios de ubicación por su naturaleza dentro de la construcción y arquitectura del edificio.
Dentro de este grupo se identifican principalmente 4 tipos de luminarias que se presentan a continuación.





<p>Tipo 1</p> 	<p>Descripcio Luminaria fluorescente triple</p> <p>Potencia 3 x 18 W</p>
<p>Tipo 2</p> 	<p>Descripcio Equipo fluorescente doble</p> <p>Potencia 2 x 40 W</p>
<p>Tipo 3</p> 	<p>Descripcio Luminaria tipo bombilla</p> <p>Potencia 100 W</p>
<p>Tipo 4</p> 	<p>Descripcio Foco sobrepuesto</p> <p>Potencia 2 x 26W</p>

Imagen 1-6. Artefactos tipo luminarias.

2. Aparatos: Elementos como computadores, notebook, impresoras, etc. que son de uso diario y continuo en el edificio para apoyar la labor de funcionarios y docentes. A continuación, se detalla la lista de aparatos tipo.






<p style="text-align: center;">PC</p> 	<p>Descripcio Computador de escritorio + pantalla</p> <p>Potencia 80 - 320 W</p>
<p style="text-align: center;">Notebook</p> 	<p>Descripcio Equipos computacionales portatiles</p> <p>Potencia 65 - 90 W</p>
<p style="text-align: center;">Televisor</p> 	<p>Descripcio Televisor LED</p> <p>Potencia 150 - 200 W</p>
<p style="text-align: center;">Impresora/multifunciona:</p> 	<p>Descripcio Impresora - multifuncional laser y/o normal</p> <p>Potencia 20 W en espera 450 W imprimiendo</p>
<p style="text-align: center;">Data/proyector</p> 	<p>Descripcio Data Proyector para presentaciones</p> <p>Potencia 315 W</p>

Imagen 1-7. Artefactos tipo aparatos.

3. Aparatos de calefacción: Son los artefactos que tiene su mayor demanda en invierno. Estos artefactos son los que generan energía calórica a partir de la electricidad y permiten mantener el confort térmico en el edificio en los meses más fríos. El edificio no cuenta con un sistema de calefacción central, es por ello que se utilizan diferentes artefactos eléctricos para el mismo fin. A continuación, se la lista de aparatos tipo.




<p style="text-align: center;">Tipo 1</p> 	<p>Descripción: Calefactor eléctrico de convección.</p> <p>Potencia 750 - 1500 W</p>
<p style="text-align: center;">Tipo 2</p> 	<p>Descripción: Calefactor eléctrico de pared</p> <p>Potencia 1000 - 2000 W</p>
<p style="text-align: center;">Tipo 3</p> 	<p>Descripción: Calefactor eléctrico tipo ventilador</p> <p>Potencia 2000 W</p>

Imagen 1-8. Artefactos tipo calefacción.

Nota: Algunos artefactos poseen una potencia variable, esto es debido a la intensidad con la que se hace trabajar. El cálculo final de potencia se estimará con el promedio entre el mínimo y el máximo.

1.2.3 ENCUESTA DECLARACION DE GASTO MENSUAL DE ENERGIA.

Luego de separar los niveles del edificio por sectores y de clasificar los tipos de artefactos que se usan en él, se aplicó una encuesta a los docentes y funcionarios que cuentan con oficinas y/o espacios de trabajo dentro del edificio. Esta encuesta se realizó para describir los tipos de artefactos, la cantidad de estos y además, determinar el tiempo promedio del uso de estos artefactos con el fin de aportar los datos necesarios para establecer la cantidad de energía consumida en los meses de menor demanda energética y los de mayor demanda energética (invierno).

Encuesta DGME (Declaracion de Gastos Mensual de Energia)

Docentes - Funcionarios

Nombre: _____

Ubicación: _____

Días laborales _____

Consumo promedio diario

Descripcion	Cant.	Potencia artefacto(KWh)	Uso diario mes de demanda normal (hrs)	Uso diario mes de alta demanda (hrs)

Imagen 1-9. Encuesta DGME.

Luego de realizar el levantamiento de los artefactos eléctricos que se encuentran en el edificio y en conjunto con la aplicación de la encuesta DGME se obtuvieron los siguientes resultados.

1.2.3.1 RESULTADOS 1° NIVEL

Tabla de resultados obtenidos a partir de la cantidad de artefactos eléctricos del primer nivel y de la potencia que consumen respectivamente por hora.

Tabla de consumo 1 Nivel por hora.

UBICACIÓN	Cantidad	Potencia Unit. (Kwh)	Total (kWh)
SECTOR A			
Notebook	2	0,078	0,156
Luminaria T4	23	0,052	1,196
SECTOR B			
Luminaria T2	19	0,08	1,52
Luminaria T3	4	0,1	0,4
PC	6	0,2	1,2
TV	1	0,175	0,175
Imp/Multi.	4	0,02	0,08
Notebook	2	0,078	0,156
Calefactor T1	3	1,125	3,375
Calefactor T2	2	1,5	3
Calefactor T3	2	2	4
SECTOR C			
Luminaria T2	8	0,08	0,64
PC	5	0,2	1
Imp/Multi.	2	0,02	0,04
SECTOR D			
Luminaria T3	34	0,1	3,4

Tabla 1-2. Consumo 1° nivel de artefactos por hora.

Tabla de resultados obtenidos de la encuesta DGME en función de las horas de uso de los artefactos que se encuentran en el primer nivel.

Tabla horas de uso

UBICACIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SECTOR A												
Notebook	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Luminaria T4	0	0	6	7	9	11	11	11	9	7	6	6
SECTOR B												
Luminaria T2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Luminaria T3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PC	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TV	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Imp/Multi.	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Notebook	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Calefactor T1	0	0	0	0	1	7	7	7	4	1	0	0
Calefactor T2	0	0	0	0	1	7	7	7	4	1	0	0
Calefactor T3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
SECTOR C												
Luminaria T2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
PC	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Imp/Multi.	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
SECTOR D												
Luminaria T3	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Tabla 1-3. Horas diarias de uso de artefactos por mes.

1.2.3.2 RESULTADOS 2° NIVEL

Tabla de resultados obtenidos a partir de la cantidad de artefactos eléctricos del segundo nivel y de la potencia que consumen respectivamente por hora.

Tabla de consumo 2 nivel por hora

UBICACIÓN	Cantidad	Potencia Unit. (Kwh)	Total (kWh)
SECTOR 2A			
Notebook	2	0,078	0,156
Luminaria T4	19	0,052	0,988
SECTOR 2B			
Luminaria T2	39	0,08	3,12
PC	15	0,2	3
TV	1	0,175	0,175
Imp/Multi.	1	0,02	0,02
Data proyect.	1	0,315	0,315
Calefactor T1	3	1,125	3,375
Calefactor T2	2	1,5	3
SECTOR 2C			
Luminaria T2	2	0,08	0,16
Luminaria T3	2	0,1	0,2
SECTOR D	Idem 1 nivel		

Tabla 1-4. Consumo 2° nivel de artefactos por hora.

Tabla de resultados obtenidos de la encuesta DGME en función de las horas de uso de los artefactos que se encuentran en el segundo nivel.

Tabla horas de uso

UBICACIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SECTOR 2A												
Notebook	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Luminaria T4	0	0	6	7	9	11	11	11	9	7	6	6
SECTOR 2B												
Luminaria T2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
PC	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TV	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Imp/Multi.	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Data proyect.	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calefactor T1	0	0	0	0	1	7	7	7	4	1	0	0
Calefactor T2	0	0	0	0	1	4	4	4	2	1	0	0
SECTOR 2C												
Luminaria T2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Luminaria T3	9	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
SECTOR D	Idem 1 nivel.											

Tabla 1-5. Horas diarias de uso de artefactos por mes.

1.2.3.3 RESULTADOS 3 NIVEL

Tabla de resultados obtenidos a partir de la cantidad de artefactos eléctricos del tercer nivel y de la potencia que consumen respectivamente por hora.

Tabla de consumo 3 nivel por hora

UBICACIÓN	Cantidad	Potencia Unit. (Kwh)	Total (kWh)
SECTOR 3A			
Luminaria T1	20	0,054	1,08
Notebook	2	0,078	0,156
Data proyect.	2	0,315	0,63
SECTOR 3B			
Luminaria T3	3	0,1	0,3
Luminaria T2	27	0,08	2,16
PC	7	0,2	1,4
Imp/Multi.	7	0,02	0,14
Data proyect.	1	0,315	0,315
Calefactor T3	7	2	14
SECTOR 3C			
Luminaria T2	6	0,08	0,48
Luminaria T3	1	0,1	0,1
SECTOR D	Idem 1 nivel		
SECTOR 3E			
Luminaria T2	7	0,08	0,56
PC	3	0,2	0,6
Imp/Multi.	2	0,02	0,04

Tabla 1-6. Consumo 3° nivel de artefactos por hora.

Tabla de resultados obtenidos de la encuesta DGME en función de las horas de uso de los artefactos que se encuentran en el tercer nivel.

Tabla horas de uso

UBICACIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SECTOR 3A												
Luminaria T1	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Notebook	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Data proyect.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECTOR 3B												
Luminaria T3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Luminaria T2	4	4	4	6	8	8	8	8	8	8	6	4
PC	4	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Imp/Multi.	4	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Data proyect.	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calefactor T3	0	0	0	0	2	4	4	4	2	0	0	0
SECTOR 3C												
Luminaria T2	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Luminaria T3	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
SECTOR D	Idem 1 nivel.											
SECTOR 3E												
Luminaria T2	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
PC	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Imp/Multi.	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabla 1-7. Horas diarias de uso de artefactos por mes.

1.2.3.4 RESULTADOS 4 NIVEL

Tabla de resultados obtenidos a partir de la cantidad de artefactos eléctricos del cuarto nivel y de la potencia que consumen respectivamente por hora.

Tabla de consumo 4 nivel por hora

UBICACIÓN	Cantidad	Potencia Unit. (Kwh)	Total (kWh)
SECTOR 4A			
Luminaria T2	34	0,08	2,72
PC	17	0,2	3,4
Imp/Multi.	17	0,02	0,34
Calefactor T3	17	2	34
SECTOR 4B			
Luminaria T2	10	0,08	0,8
Luminaria T3	6	0,1	0,6
PC	2	0,2	0,4
Imp/Multi.	1	0,02	0,02
Data proyect.	1	0,315	0,315
Calefactor T1	1	1,125	1,125
SECTOR 4C			
Luminaria T2	19	0,08	1,52
SECTOR D	Idem 1 nivel		

Tabla 1-8. Consumo 4° nivel de artefactos por hora.

Tabla de resultados obtenidos de la encuesta DGME en función de las horas de uso de los artefactos que se encuentran en el cuarto nivel.

Tabla horas de uso

UBICACIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SECTOR 4A												
Luminaria T2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	2
PC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Imp/Multi.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Calfactor T3	0	0	0	0	2	3	3	3	2	0	0	0
SECTOR 4B												
Luminaria T2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Luminaria T3	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PC	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Imp/Multi.	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Data proyect.	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calfactor T1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
SECTOR 4C												
Luminaria T2	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
SECTOR D	Idem 1 nivel.											

Tabla 1-9. Horas diarias de uso de artefactos por mes.

El procedimiento para obtener los valores mensuales de la demanda energética consistió en distribuir las horas de uso de los artefactos eléctricos (de acuerdo a los datos proporcionados por la encuesta DGME) durante la jornada de trabajo y de funcionamiento del edificio y asignarles el consumo (en kW) correspondiente a la zona atingente.

La siguiente tabla indica el resultado horario del consumo generado en el edificio en los doce meses del año.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
1:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
2:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
3:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
4:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
5:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
6:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
7:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
8:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
9:00	4,66	4,66	7,202	7,202	19,427	40,896	40,896	40,896	36,37	11,452	7,202	7,202
10:00	8,24	8,24	17,79	19,15	31,875	51,975	51,975	51,975	38,82	23,4	17,79	17,79
11:00	18,33	18,33	20,46	21,82	33,02	50,82	50,82	50,82	39,96	26,07	20,46	20,46
12:00	21,12	21,12	24,12	24,12	27,753	40,238	40,238	40,238	34,69	24,12	24,12	24,12
13:00	21,12	21,12	25,05	27,21	28,302	34,412	34,412	34,412	28,302	27,21	25,05	25,05
14:00	13,99	13,99	17,56	17,56	20,107	26,217	26,217	26,217	20,107	19,56	17,56	17,56
15:00	21,12	21,12	26,812	28,972	31,01	40,92	40,92	40,92	31,01	28,972	26,812	26,812
16:00	10,58	10,58	27,472	27,472	35,792	45,3	45,3	45,3	35,792	27,472	27,472	27,472
17:00	10,58	10,58	23,898	23,898	31,998	41,51	41,51	41,51	31,998	26,06	26,058	23,898
18:00	9,57	9,57	17,346	17,346	26,231	38,75	38,75	38,75	26,231	19,51	19,506	17,346
19:00	3,4	3,4	5,736	6,236	10,396	19,765	19,765	19,765	10,396	6,236	5,736	5,736
20:00	3,4	3,4	5,736	6,236	6,236	9,236	9,236	9,236	6,236	6,236	5,736	5,736
21:00	3,4	3,4	4,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	4,24	4,24
22:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
23:00	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Tabla 1-10. Consumo energetico horario mensual.

A continuación, se presentan las plantillas tipo de consumo energético diario mensual.

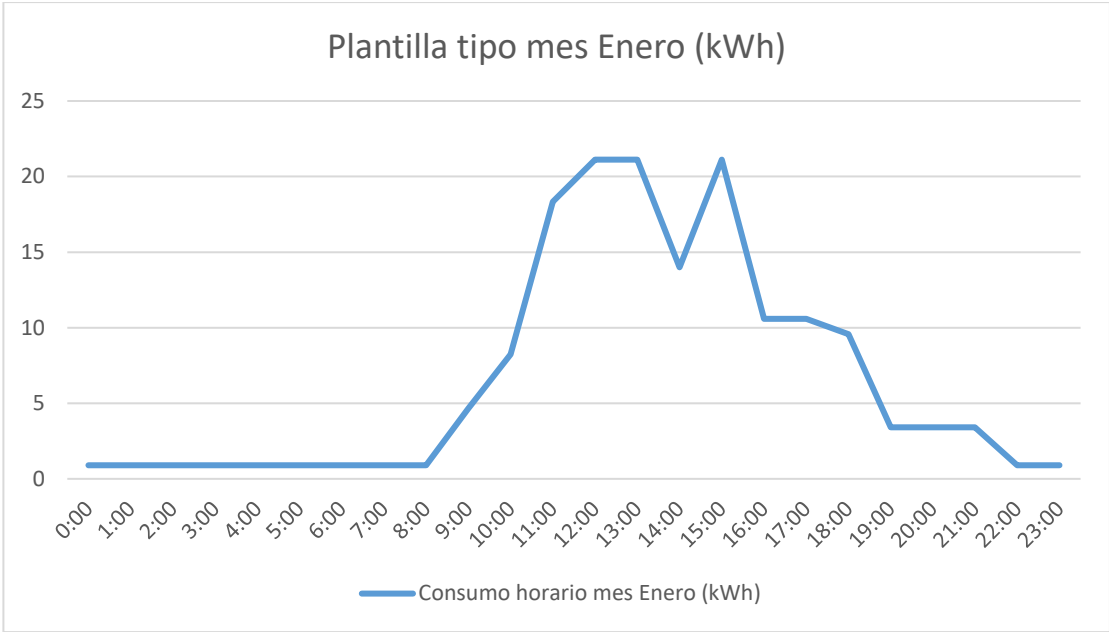


Gráfico 1-1. Consumo horario tipo del mes de enero.

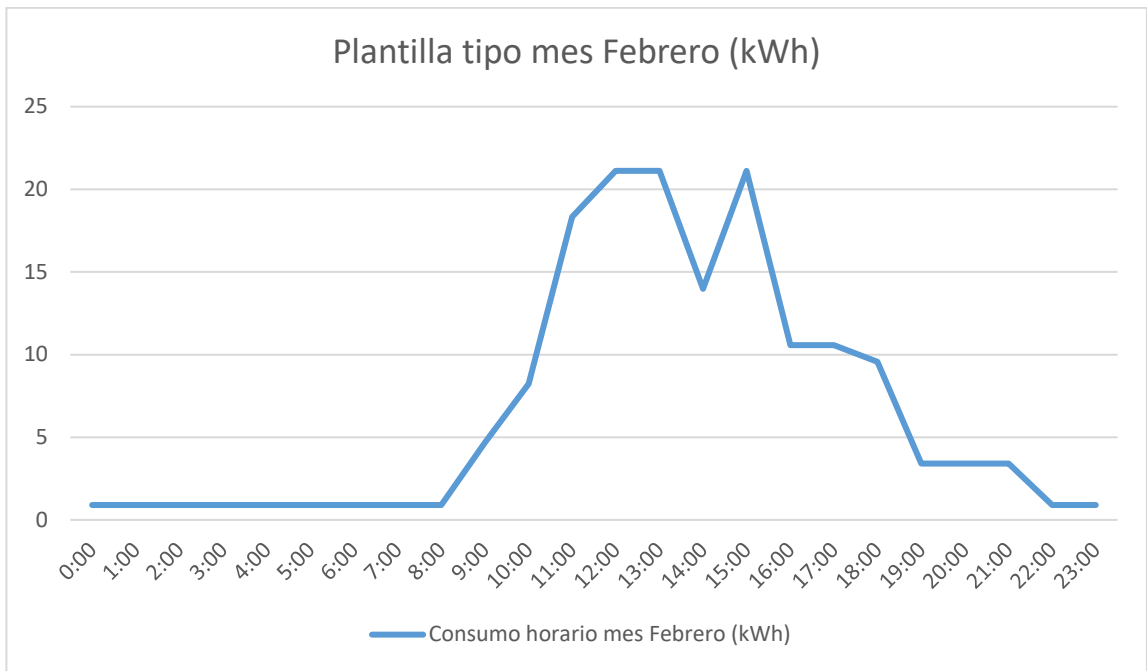


Gráfico 1-2. Consumo horario tipo del mes de febrero.

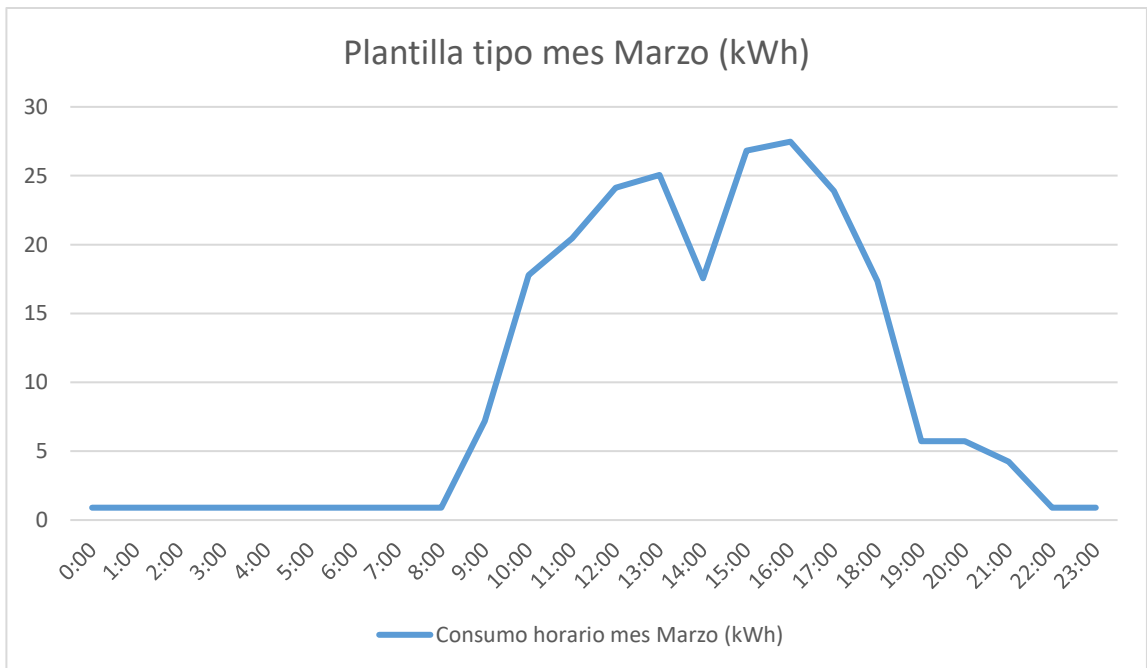


Gráfico 1-3. Consumo horario tipo del mes de marzo.

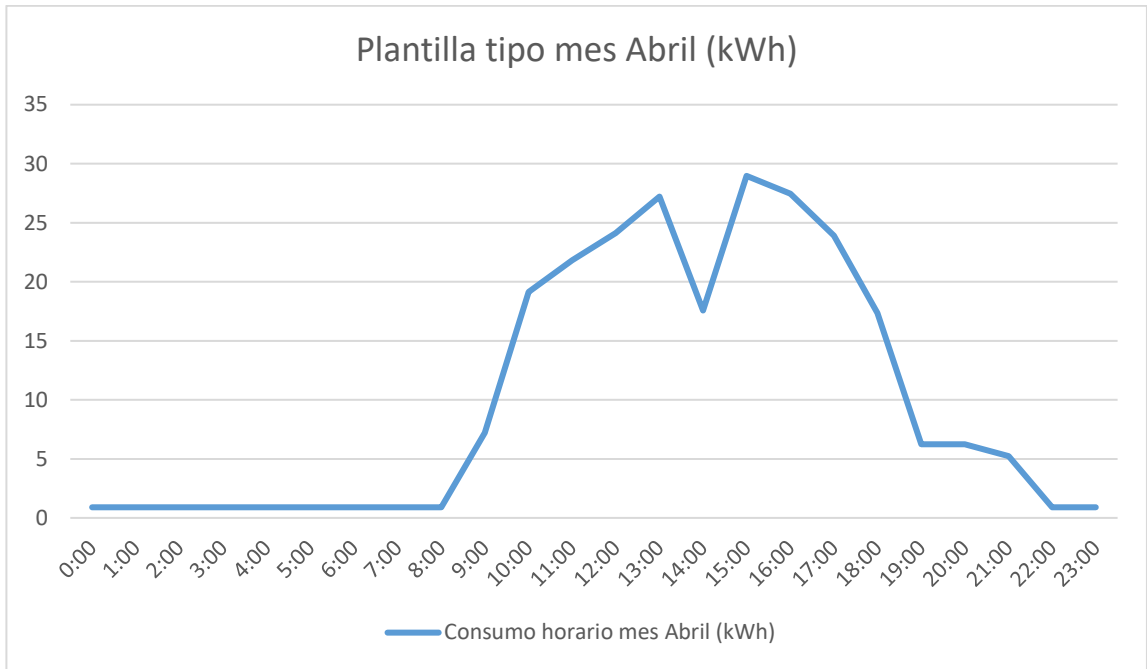


Gráfico 1-4. Consumo horario tipo del mes de abril.

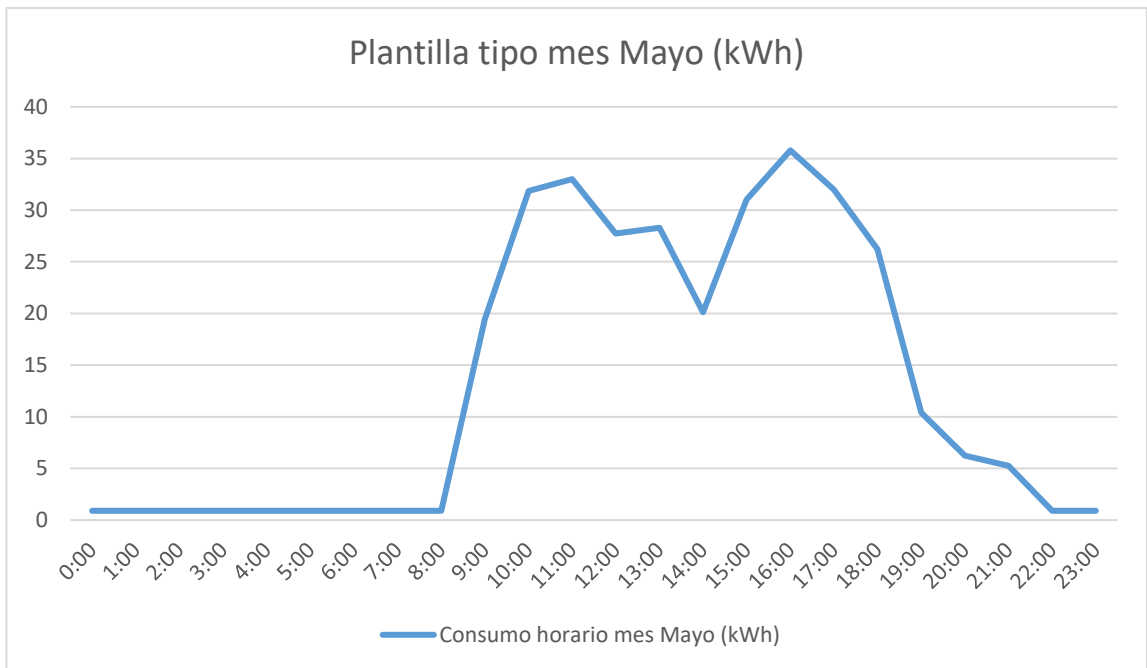


Gráfico 1-5. Consumo horario tipo del mes de mayo.

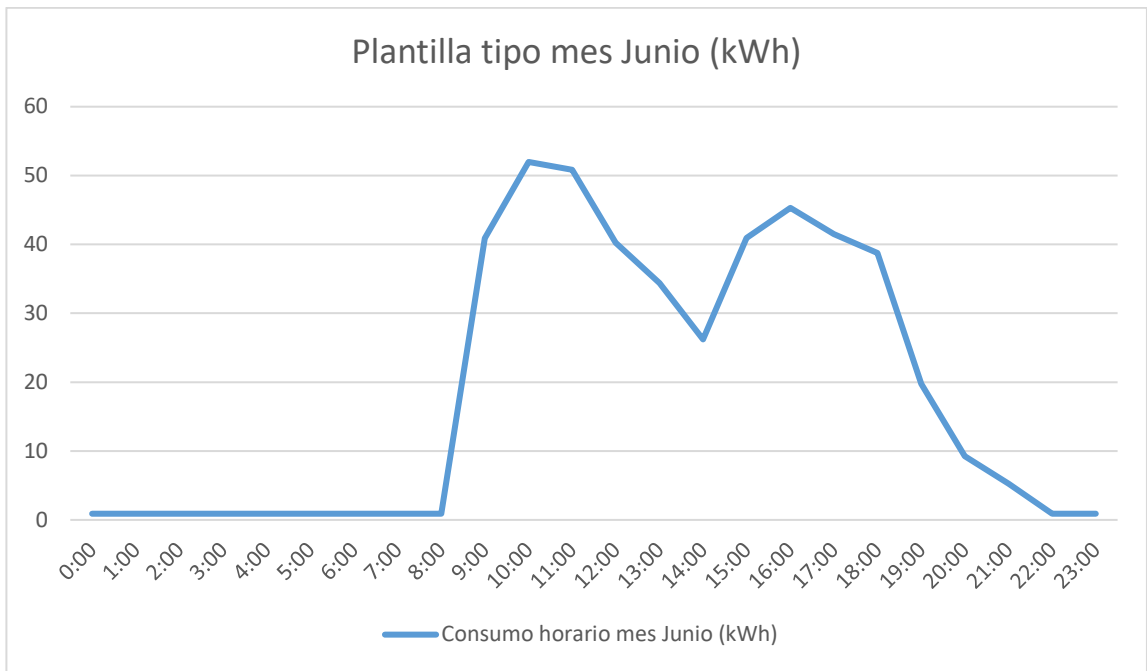


Gráfico 1-6. Consumo horario tipo del mes de junio.

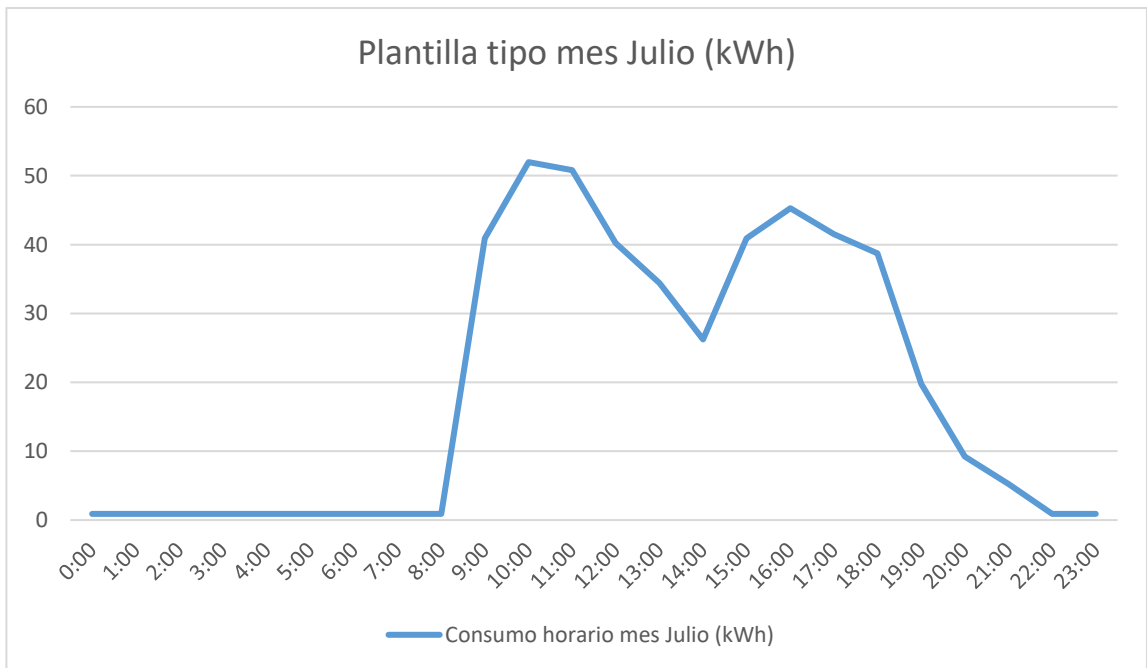


Gráfico 1-7. Consumo horario tipo del mes de julio.

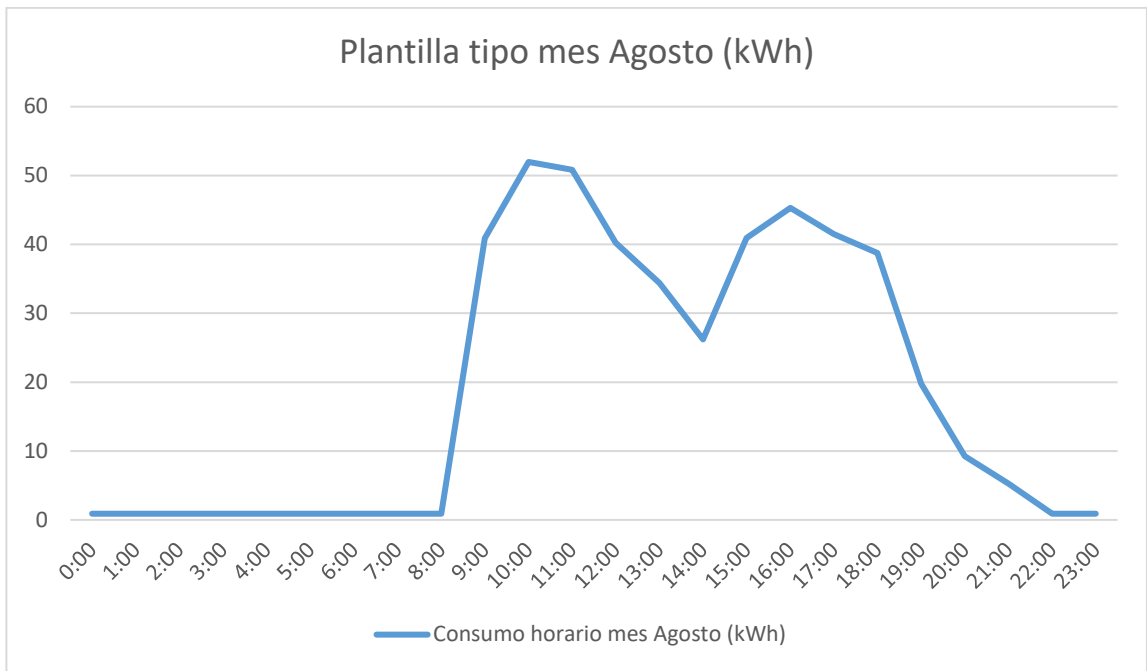


Gráfico 1-8. Consumo horario tipo del mes de agosto.

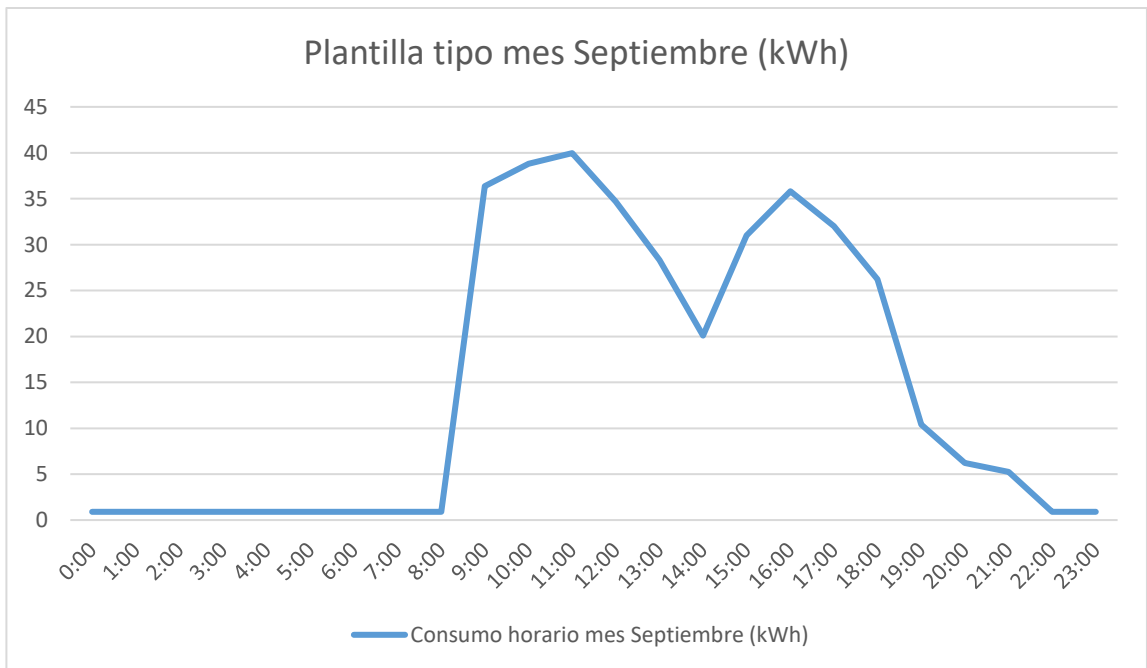


Gráfico 1-9. Consumo horario tipo del mes de septiembre.

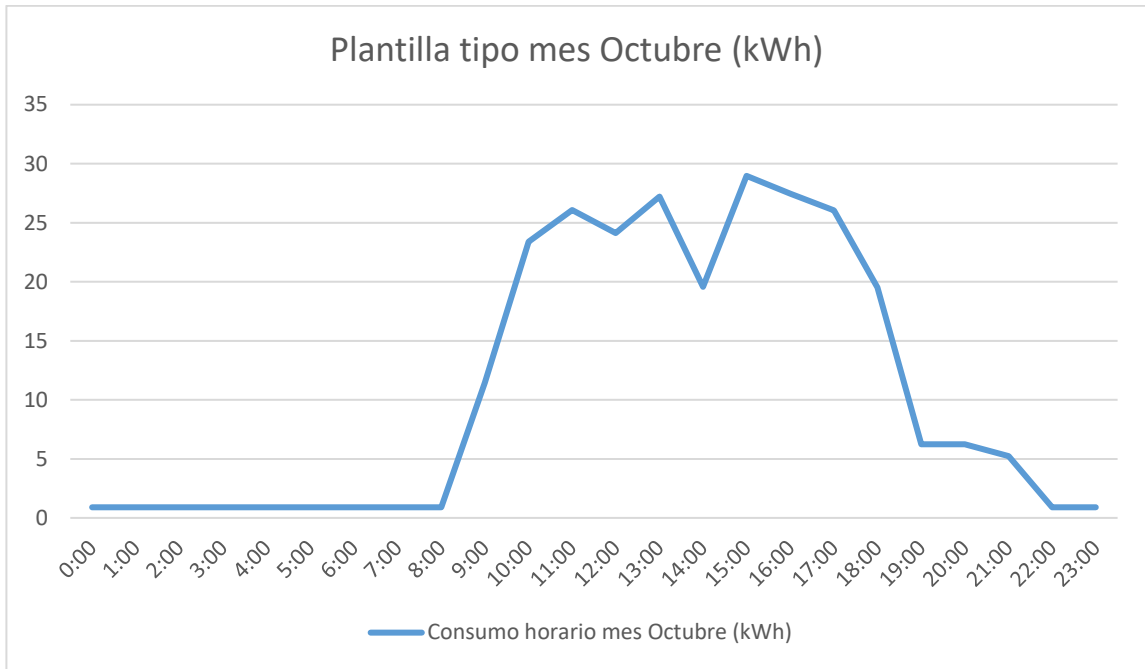


Gráfico 1-10. Consumo horario tipo del mes de octubre.

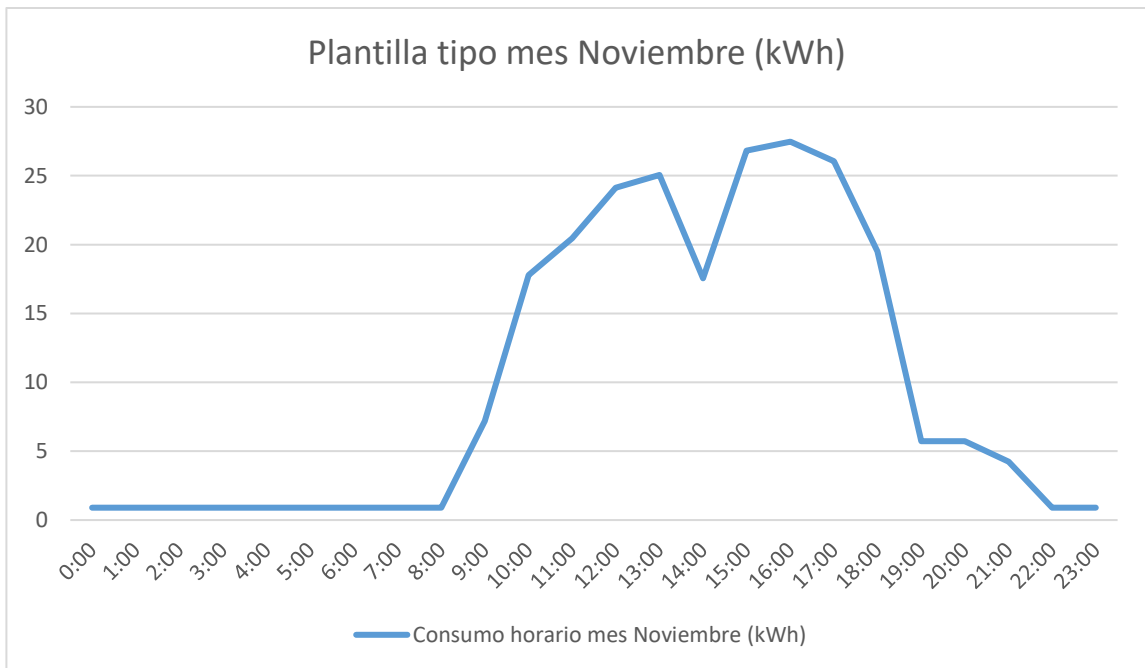


Gráfico 1-11. Consumo horario tipo del mes de noviembre.

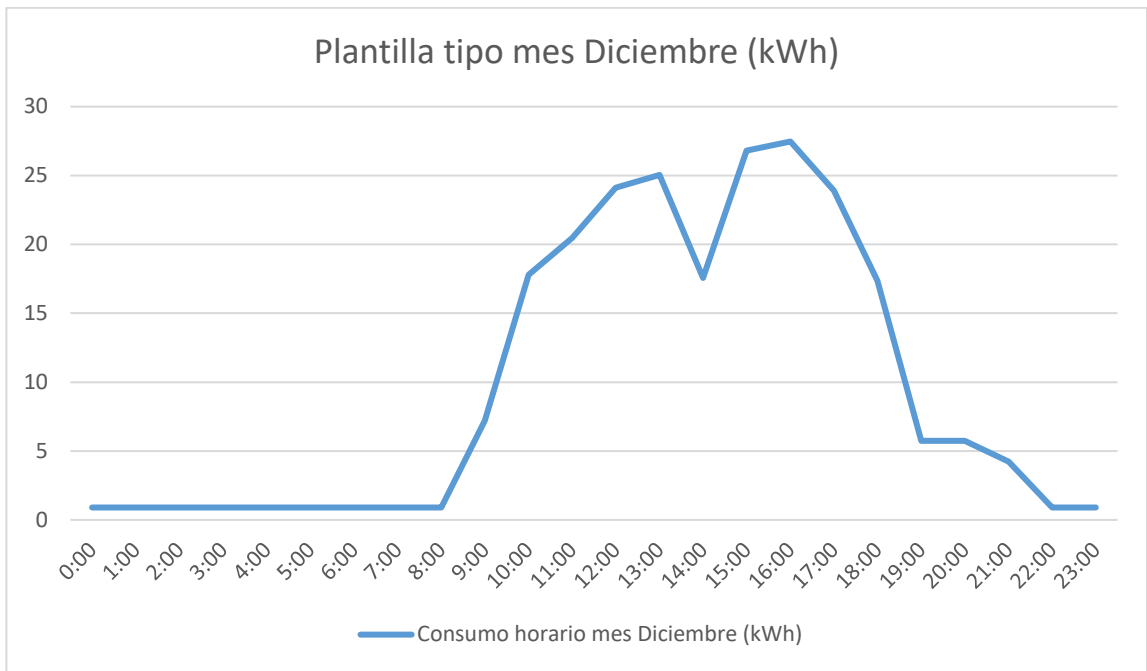


Gráfico 1-12. Consumo horario tipo del mes de diciembre.

A continuación, se muestra la gráfica correspondiente a la demanda diaria mensual tipo de energía en el edificio.

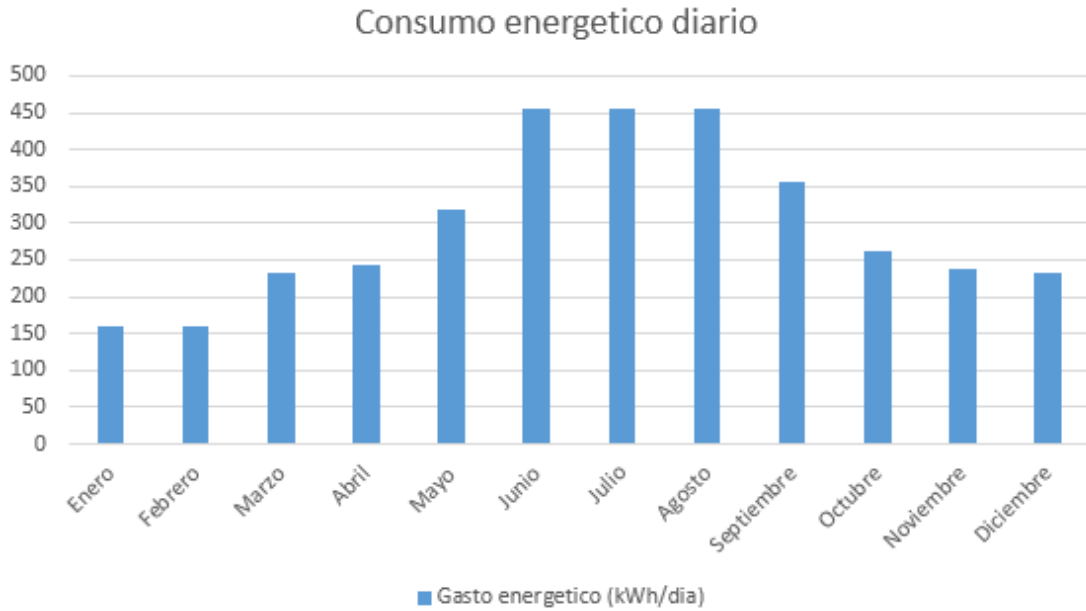


Gráfico 1-13. Consumo diario mensual tipo.

Tabla de consumo diario mensual en kWh/día

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh/día	159,41	159,41	233,32	242,36	317,29	455,18	455,18	455,18	355,05	261,44	237,64	233,32

Tabla 1-11. Consumo diario mensual en kWh/día.

1.3 RESULTADOS DEL CONSUMO MENSUAL

Para estimar el consumo energético mensual del edificio, se tomó en cuenta el calendario académico 2019 (Anexo 3) y que la jornada laboral es de 5 días a la semana, por lo tanto, el consumo mensual queda definido por la cantidad de días laborales del mes y los fines de semana, festivos y vacaciones que corresponden al mes. La edificación posee un consumo aproximado de 24 kWh/día los días no laborales ya que son 9 centros de iluminación los que funcionan prácticamente todo el día, por lo tanto, cada centro se consideró con una potencia de 100 Watt, lo que en conjunto hacen un total de 900 Watt y se redondeó a 1000 Watt por hora (1 kWh).

Tabla de resultados del consumo energético mensual.

Mes	Consumo día laboral (kWh/día)	fds/festivo/vac (kWh/día)	Días lab.	Días f/f/v.	Total consumo mensual (kWh/mes)
Enero	159,41	24	12	19	2368,92
Febrero	159,41	24	9	19	1890,69
Marzo	233,32	24	21	10	5139,72
Abril	242,36	24	22	8	5523,92
Mayo	317,29	24	18	13	6023,22
Junio	455,18	24	20	10	9343,6
Julio	455,18	24	18	13	8505,24
Agosto	455,18	24	22	9	10229,96
Septiembre	355,05	24	16	14	6016,8
Octubre	261,44	24	23	8	6205,12
Noviembre	237,64	24	21	9	5206,44
Diciembre	233,32	24	21	10	5139,72

Tabla 1-12. Resultados del consumo energetico mensual.

A continuación, se presenta la gráfica del consumo energético total mensual de acuerdo a los días laborales de cada mes. Se expresa en kWh/mes.

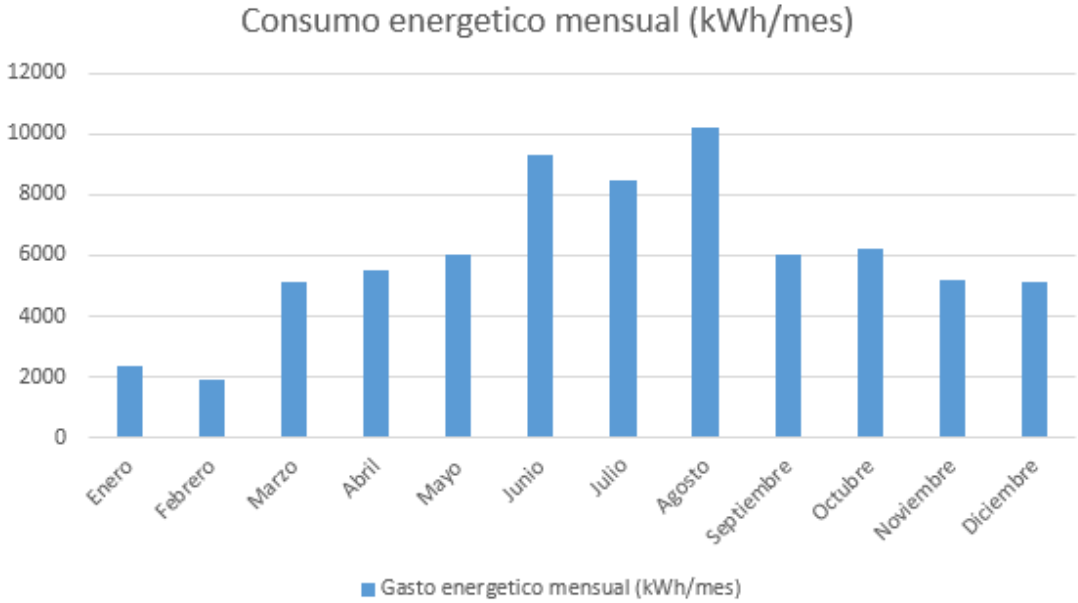


Grafico 1-14. Resultados del consumo energetico mensual.

**CAPITULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
PARA LA EDIFICACION.**

2.1 ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR.

En la imagen 2-1 se muestra la base de datos del explorador solar de la Universidad de Chile donde se muestra la información de irradiación a lo largo de Chile continental. La Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción se encuentran en la zona geográfica de latitud $-36,7851^{\circ}$ - longitud $-73,0836^{\circ}$ (imagen 2-2), con una elevación de 15 msnm. Esta zona posee una radiación anual global horizontal promedio (componente directa + componente difusa) de 4,78 kWh/m²/día y una radiación anual global inclinada (36°) de 5,28 kWh/m²/día. La información meteorológica de la zona también describe un 13% de frecuencias promedio de nube anual, una temperatura promedio anual de 13,4°C y una velocidad de viento promedio anual de 2,6 m/s.

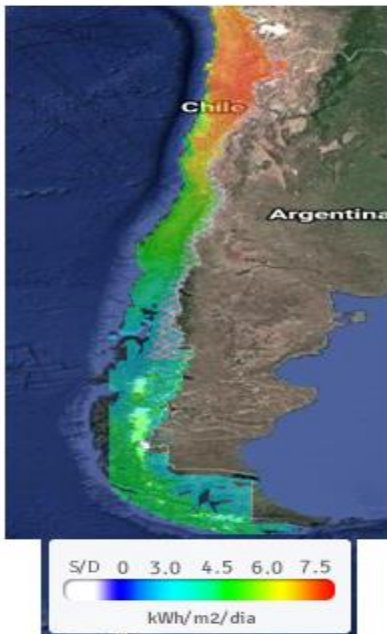


Imagen 2-1. Explorador Solar de la Universidad de Chile

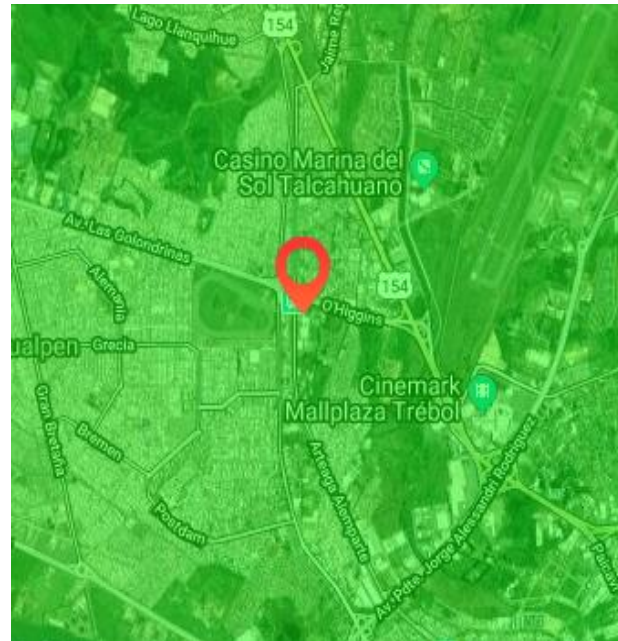


Imagen 2-2. Zona geográfica de emplazamiento de la Universidad Técnica Federico Santa María Concepción.

Fuente: <http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/exploracion?fbclid=IwAR2zJJsDXPt5LPoVYpknvxtvCfOQ-duZu-VLnI8ogsX0AHUQD2vLe-bPNI>

A continuación, se muestra la gráfica de la Radiación global Horizontal de las coordenadas mencionadas, en los meses de enero a diciembre.

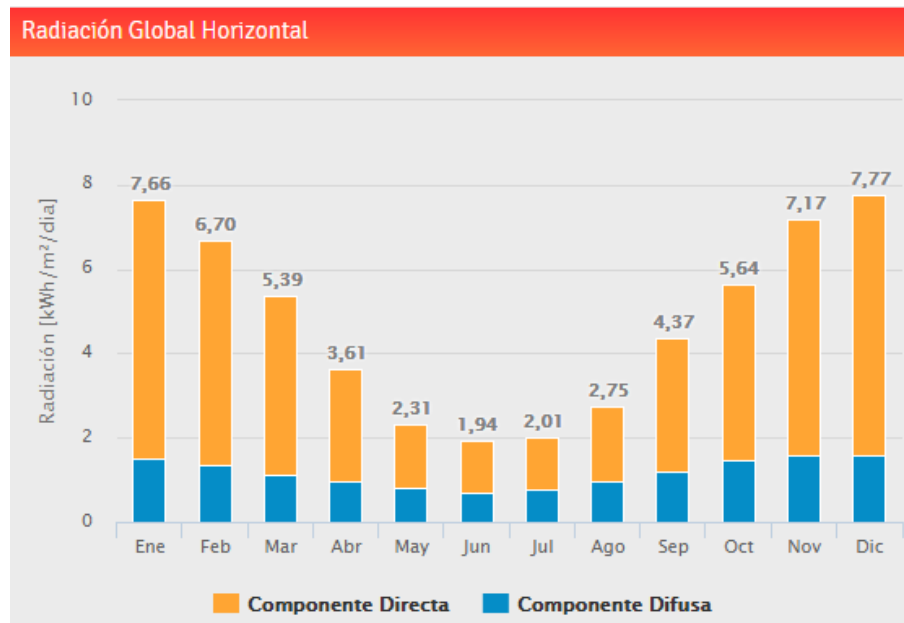


Gráfico 2-1. Radiación Global Horizontal.

Fuente: <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar>.

Se puede observar que el componente difuso no tiene mucha variación en relación con los meses más fríos, por el contrario, el componente Directo disminuye considerablemente en invierno en este plano horizontal.

Por otro lado, en un plano inclinado, (36° para Concepción) como se muestra en el gráfico 2-2, podemos observar que si bien, en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, el componente Directo es mayor, ya que el sol se encuentra más perpendicular al plano horizontal. En los meses restantes, el componente directo en plano inclinado aumenta considerablemente, ya que se mantiene el concepto de perpendicularidad entre el sol y el panel. Por esto la radiación anual global inclinada ($5,28 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$) es mayor a la radiación global horizontal ($4,78 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$).

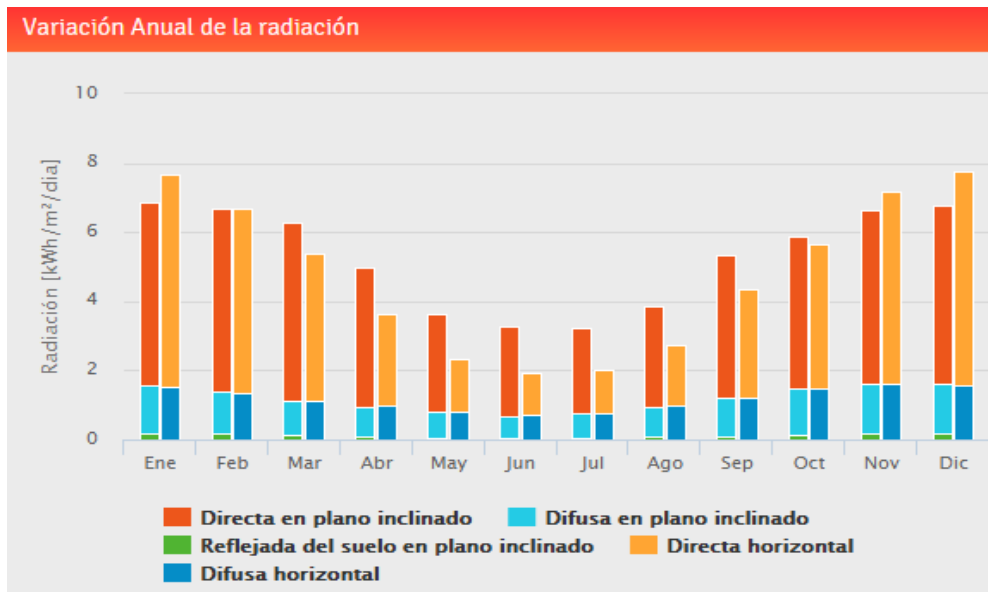


Grafico 2-2. Variacion anual de la radiacion.

Fuente: <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar>.

Los valores de radiación mensual directa y en plano inclinado se resumen en la siguiente tabla.

Ciclo anual de la radiación (kWh/m2/día)

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Radiacion directa total	7,7	6,73	5,38	3,63	2,3	1,95	2,02	2,77	4,38	5,66	7,18	7,77
Radiacion p. inclinado total	6,9	6,72	6,29	4,98	3,61	3,32	3,23	3,87	5,33	5,9	6,65	6,76

Tabla 2-1. Radiación directa vs radiación en plano inclinado.

2.2 AZIMUT, INCLINACION Y ORIENTACION

2.2.1 AZIMUT.

El azimut solar es el ángulo que forma la proyección vertical del sol sobre el horizonte respecto del punto cardinal norte.

En el hemisferio sur toma el valor 0° cuando el sol esta exactamente en el norte geográfico, y va cambiando a lo largo del día.

La elevación solar es el ángulo formado por el sol respecto al plano horizontal. Cambia a lo largo del día y tiene su altura máxima al mediodía. Esta altura máxima varía a lo largo del año entre el solsticio de invierno y el solsticio de verano.

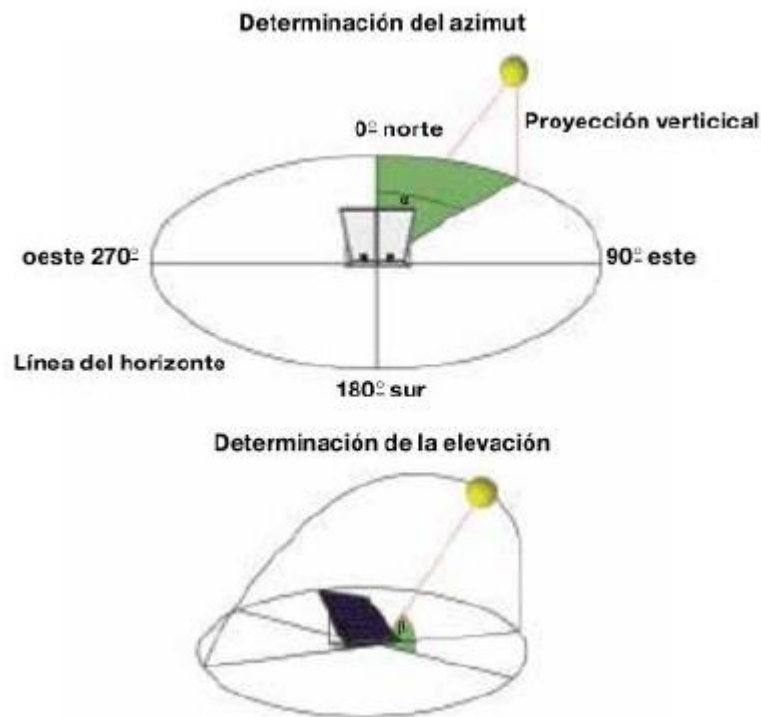


Imagen 2-3. Azimut y elevación.

Fuente: Libro interactivo de energía solar y sus aplicaciones. Zapata Castaño, 2011

2.2.2 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN.

Para que los paneles fotovoltaicos funcionen a su máxima potencia se deben considerar factores como ubicación geográfica, sector en donde se instalaran (estos deben poseer la característica de recibir la mayor cantidad de radiación durante el día). Para un óptimo rendimiento de los paneles fotovoltaicos, es que estos se orientan al norte con una inclinación aproximada de 36° respecto al plano horizontal, esto es debido a que los paneles son más productivos cuando los rayos del sol son perpendiculares a su superficie.



Imagen 2-4. Angulo de inclinación para un sistema fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico ira orientado al norte, con un Angulo azimutal 0° para así aprovechar al máximo la irradiación solar.



Imagen 2-5. Orientación para el sistema fotovoltaico.

2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El panel solar es el elemento encargado de captar la energía del sol y de transformarla en energía eléctrica que se pueda ser usada. Asociado los paneles existen otros componentes que se utilizan en las instalaciones como elementos de seguridad o que amplían las posibilidades del uso de la instalación. Los componentes esenciales de una instalación fotovoltaica son:

- **Regulador:** Es el elemento que regula la inyección de corriente desde los paneles a la batería. El regulador interrumpe el paso de energía cuando la batería se halla totalmente cargada evitando así los negativos

efectos derivados de una sobrecarga. En todo momento el regulador controla el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica proveniente de los paneles cuando esta empieza a bajar.

- **Batería:** Almacena la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles no es suficiente o adecuada para satisfacer la demanda (falta de potencia al atardecer, amanecer, días nublados). La naturaleza de la radiación solar es variable a lo largo del día y del año, la batería es el elemento que solventa este problema ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año

- **Inversores:** El elemento que transforma las características de la corriente de continua a alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente continua. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos.

- **Medidor Bidireccional:** Encargado de registrar los consumos y la inyección de energía a la red (uso sistema On-Grid)

2.3.1 MATERIALIDAD DE LAS CELULAS SOLARES.

2.3.1.1 MONOCRISTALINO.

Son células de silicio monocristalino, su forma es variada, existen redondas, semi-cuadradas y cuadradas. Su tamaño mayormente suele ser 10cm por 10cm y 12,5cm por 12,5 cm, aunque también existen células de 15cm por 15 cm y su espesor varía entre los 0,14 y 3 milímetros. La estructura de estas células es homogénea y por lo general son de color azul oscuro. Su eficiencia varía entre un 18 a un 22%.



Imagen 2-6. Células de silicio monocristalino.

2.3.1.2 POLICRISTALINO.

Células de silicio policristalinas, su forma es variada y similar a las monocristalinas, sin embargo, estas alcanzan mayores dimensiones, pueden llegar a los 20cm por 20cm, por ende, requieren de un mayor espacio para alcanzar rendimientos óptimos. Su espesor también varía de 0,14 a 3 milímetros y su estructura es similar a la escarcha

como se observa en la figura 24. Su eficiencia varía entre el 14 al 17%. Los colores son azul y gris plata.



Imagen 2-7. Células de silicio policristalino.

2.3.1.3 SILICIO AMORFO.

En su proceso de fabricación, el silicio produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio. Este tipo de célula es la que se conoce comúnmente y que se encuentra en las calculadoras y relojes solares. Posee la ventaja de funcionar con luz difusa baja, pero el rendimiento es muy pequeño por sobre las demás, este varía entre un 8 a un 12%.



Imagen 2-8. Silicio amorfo.

2.3.2 POTENCIA PROMEDIO DE UN MODULO FOTOVOLTAICO.

Un panel fotovoltaico típico de 250 W. (monocristalino) produce 250 Watts de potencia (Wp) y tiene un tamaño aproximado de 1,64 por 0,99 metros con un grosor de 4,5 cm, pesando cerca de 18 kg. Cuando se habla de la dimensión de una instalación fotovoltaica, en general se utiliza como medida el “kilo-Watt peak” (kWp), lo cual equivale a 1.000 Watts de potencia. Esta potencia puede ser representada, por ejemplo, por 5 módulos fotovoltaicos de 200 Wp cada uno ($5 \text{ módulos} \times 200 \text{ Wp} = 1 \text{ kWp}$), o por 4 módulos fotovoltaicos de 250 Wp ($4 \text{ módulos} \times 250 \text{ Wp} = 1 \text{ kWp}$). (Fuente: Costo de instalaciones fotovoltaicas en Chile, Ministerio de energía, Noviembre 2016.)

2.4 CONEXION EN SERIE Y EN PARALELO.

2.4.1 CONEXIÓN EN SERIE.

Una conexión en serie es aquella en el que el terminal de salida de un dispositivo se conecta al terminal de entrada del dispositivo siguiente (Imagen 2-9).

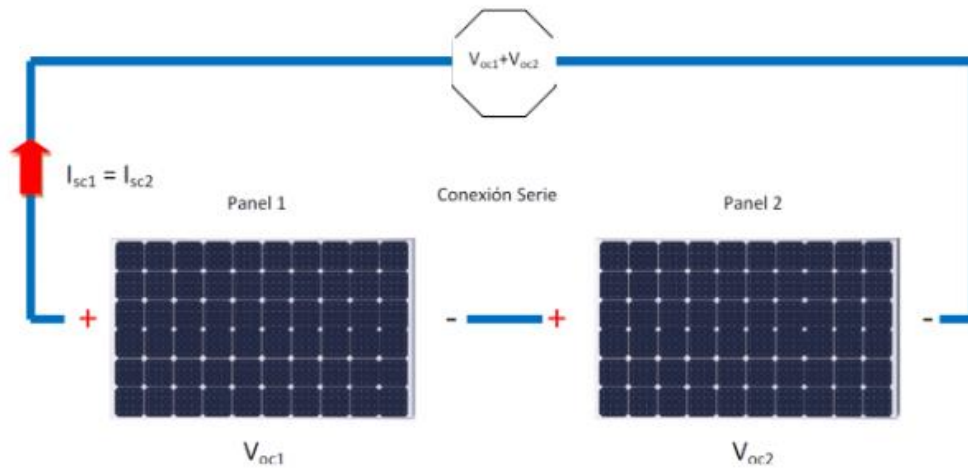


Imagen 2-9. Conexión en serie.

2.4.2 CONEXIÓN EN PARALELO.

Una conexión en paralelo es aquella en el que los terminales de entrada de sus componentes están conectados entre sí, lo mismo ocurre con los terminales de salida (Imagen 2-10).

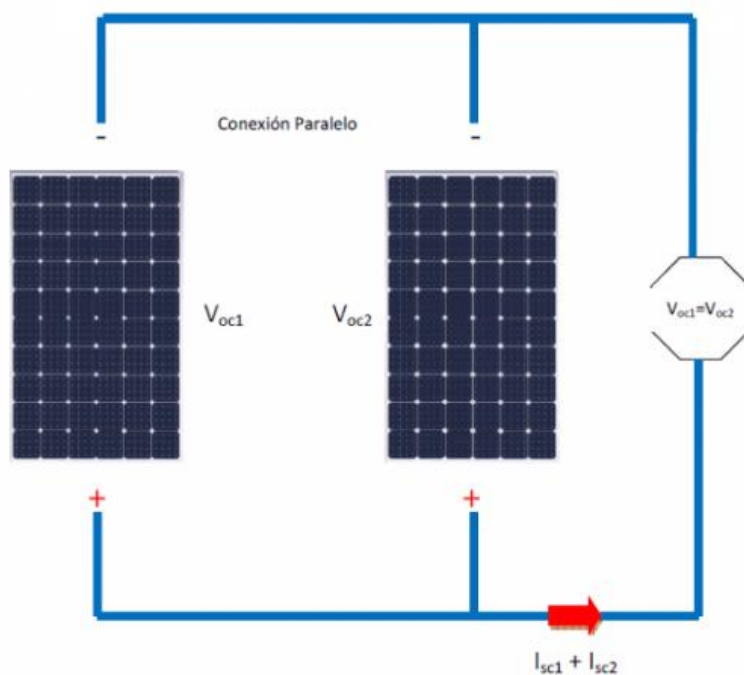


Imagen 2-10. Conexión en paralelo.

2.4.3 CONSIDERACIONES PARA EL CONEXIONADO SERIE/PARALELO.

La instrucción Técnica RGR N° 02/2017 sobre el diseño y la ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a redes de distribución dice en su numeral 5.7 que "La tensión máxima de la unidad de generación fotovoltaica en lado de corriente continua CC, no deberá ser superior a 1kV"

Los equipos, elementos y accesorios eléctricos utilizados en la unidad de generación fotovoltaica deben ser diseñados para soportar la tensión máxima generada por ella y ser adecuados para trabajar en corriente continua.

Solo se permitirá que el sistema de generación fotovoltaica funcione en paralelo con un grupo electrógeno o que se conecten a una misma barra cuando se cumplan cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Cuando el grupo electrógeno cuente con una protección de potencia inversa.

b) Se demuestre técnicamente que la operación en paralelo de estas unidades de generación es compatible ante cualquier circunstancia y cuando el fabricante del grupo electrógeno lo especifique.

c) El sistema fotovoltaico cuente con un sistema de bloqueo que impida que ambas unidades funcionen en paralelo.

En general, que cumpla con todas las disposiciones descritas en el RGR N° 02/2017 (Anexo 4)

2.5 CALCULO DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS.

Para el cálculo de los módulos fotovoltaicos existen dos factores, el primero es realizar el cálculo para toda la demanda energética del edificio, dejando de lado la superficie hábil con la cual se dispone en la edificación (techumbre).

El segundo factor es considerando la superficie hábil de la edificación y evaluar el sistema fotovoltaico con esta característica. Esta opción es la que se tomara para la evaluación final.

2.5.1 CALCULO DE LOS MODULOS SIN CONSIDERAR SUPERFICIE HABIL.

Lo primero para calcular la cantidad de módulos en una edificación es determinar el consumo mensual de está, consumo que ya se obtuvo en el primer capítulo. Luego determinar la radiación mensual que llega a la edificación, radiación que se obtuvo y se muestra en la siguiente tabla.

Mes	Radiacion (kWh/m2)	Energia consumida (kWh)	Numero de dias del mes	Energia	Factor de energia
Enero	6,86	2368,92	31	76,41677419	0,089770866
Febrero	6,72	1890,69	28	67,52464286	0,099519223
Marzo	6,29	5139,72	31	165,7974194	0,037937864
Abril	4,98	5523,92	30	184,1306667	0,027046011
Mayo	3,61	6023,22	31	194,2974194	0,018579763
Junio	3,32	9343,6	30	311,4533333	0,010659703
Julio	3,23	8505,24	31	274,3625806	0,011772742
Agosto	3,87	10229,96	31	329,9987097	0,011727319
Septiembre	5,33	6016,8	30	200,56	0,026575588
Octubre	5,9	6205,12	31	200,1651613	0,029475659
Noviembre	6,65	5206,44	30	173,548	0,038317929
Diciembre	6,76	5139,72	31	165,7974194	0,040772649

Tabla 2-2. Obtención del factor de energía.

Teniendo la cantidad de días del mes, se obtiene la energía consumida diaria promedio de cada mes dividiendo la energía consumida del mes(kWh) por la cantidad de días, luego se obtiene el factor de energía que es un número sin unidad de medida, este se obtiene de la división de la radiación mensual por la energía consumida diaria de ese mes. El menor factor de energía nos muestra cual es el mes más desfavorable en torno a la radiación y al consumo de aquel mes. En junio como se muestra en la tabla, es el mes más desfavorable, por lo tanto, con los datos de este mes, se determina la cantidad de módulos solares que cubran el consumo de este mes y así, asegurar que los módulos cubran la demanda energía los otros meses del año.

Luego se determina el rendimiento de la instalación para tener en cuenta las pérdidas y hacer un dimensionamiento correcto. El rendimiento de la instalación se determina mediante la siguiente formula:

$$R= 1 - [(1 - b - c - v) \times a \times N/Pd] - b - c - v$$

Donde:

b: Coeficiente de pérdida por rendimiento en las baterías (0.05 para casos favorables y 0.1 para casos muy desfavorables). En nuestro caso es cero ya que el arreglo fotovoltaico es conectado a la red, por lo tanto no existen pérdidas en las baterías.

c: Coeficiente de pérdidas en el inversor (0.2 para inversores senoidales y 0.1 para inversores de onda cuadrada). En nuestro caso, es un inversor senoidal.

v: Coeficiente de otras pérdidas, entre cables, conexiones, distanciamiento, etc. (0.15 es un valor muy usado y 0.05 cuando existe un mínimo de pérdidas)

a: Coeficiente de descarga, tiene que ver con la descarga natural de la batería. En nuestro caso, no existe batería ya que es un sistema conectado a la red.

N: Número de días de autonomía, para días muy nublados. En nuestro caso, el valor es 0 ya que el sistema fotovoltaico será apoyado con energía suministrada por la red.

Pd: Profundidad de descarga de la batería. En nuestro caso no existen baterías por lo tanto este valor es 0.

Por lo tanto, la ecuación queda definida así:

$$R = 1 - [(1 - 0 - 0.2 - 0.15) \times 0 \times 0/0] - 0 - 0.2 - 0.15$$

$$R = 0.65$$

Teniendo el rendimiento de la instalación, se calcula la energía necesaria para determinar el número de paneles.

$$E = E_t / R \text{ (kWh/día)}$$

Donde E_t : energía del mes más desfavorable.

R: rendimiento de la instalación.

$$E = 311,4 / 0.65 = 479,15 \text{ kWh/día}$$

La hora pico solar (HPS) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie durante el día. Para esto usamos la radiación del mes más desfavorable, es decir Junio (3,32 kWh/m²)

$$\text{HPS} = \text{Radiación mes desfavorable} / 1 \text{ kW/m}^2/\text{día}$$

$$\text{HPS} = 3.32 \text{ horas.}$$

Luego se calcula la potencia pico que pueda generar la demanda.

$$P_p = E / \text{HPS} = 479.15 / 3.32 = 152.97 \text{ kW}$$

Ahora, finalmente se calcula la cantidad de paneles solares de la siguiente forma:

$$N_p \geq P_p / 0.9 P. m$$

N_p : número de paneles.

$P.m$: Potencia pico del módulo fotovoltaico (250 wp)

Entonces la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda energética del mes más desfavorable y que nos asegura una generación total en los otros meses es igual a $N_p = 642$ Paneles o módulos de 250 Watt. Con esta cantidad de módulos se cubre la demanda diaria de todo el año.

2.5.2 CALCULO DE LOS MODULOS CONSIDERANDO SUPERFICIE HABIL.

Se calculara la cantidad de modulos por la superficie disponible de acuerdo al plano arquitectonico (anexo 1), la cual cuenta con 370 m² aproximados. De estos 370 m² se ocupara el 75% ya que el resto se destina para la separacion de los modulos y asi no provocar sombras, como también para el transito del personal en las mantenciones.

La inclinacion sera del 36% y la azimut de 0°.

Ingresamos estos datos en el explorador solar (Imagen 2-11) para la localización seleccionada.

The image shows two screenshots of a web application for solar generation calculation. The top screenshot displays the 'FORMULARIO' (Form) section with the following settings:

- SELECCIONE MODELO DE GENERACIÓN:** Modelo Básico, Modelo Avanzado
- CARACTERÍSTICAS DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO:**
 - Coefficiente de Temperatura del panel (%/°C): -0,45
 - Área Total Disponible (m²): 370
 - Fración del área ocupada por paneles (%): 75
 - Eficiencia Nominal del Panel (%): 16

The bottom screenshot shows the same interface with a satellite map view of the 'Universidad Técnica Federico Santa María'. The 'FORMULARIO' section is partially visible with the following settings:

- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN:**
 - Tipo de arreglo: Fijo Inclinado
 - Tipo de Montaje: Estructura Aislada
 - Inclinación (°): 36
 - Azimut (°): 0
- OPTIMIZAR ÁNGULOS:** Button

Imagen 2-11. Formulario para la generación F.V del explorador solar.

La capacidad instalada corresponde a la generacion maxima que nos puede entregar el sistema fotovoltaico, por calculo la podemos determinar de la siguiente forma:

Superficie estandar de un panel monocristalino: 1.6 x 0.95 metros.

Superficie util disponible: 370 m² x 0.75 = 277 m²

$$\frac{\text{superficie disponible (m}^2\text{)} \times \text{kWp del panel (0.250)}}{\text{Superficie panel (m}^2\text{)}}$$

Cap. Instalada = 45.8 kWh.

Cantidad de paneles: 183 Paneles.

Diagrama Unilineal del sistema fotovoltaico conectado a la red.

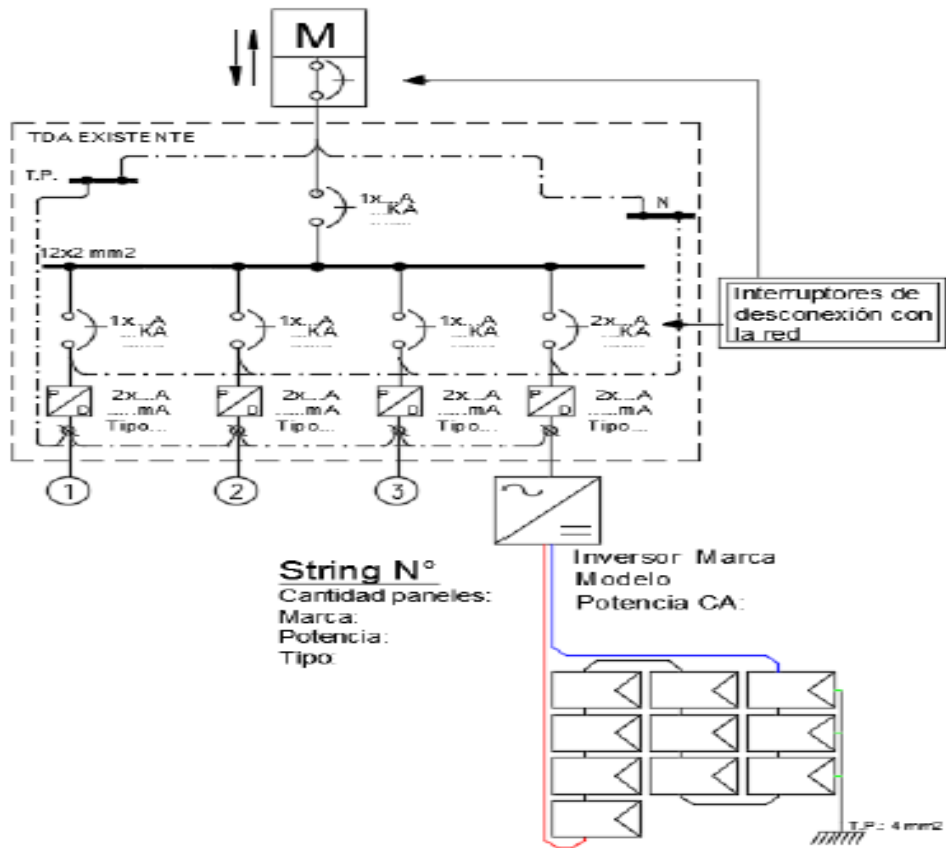


Imagen 2-12. Diagrama unilineal del S.F

2.5.2.1 RESULTADOS DE LA GENERACION FOTOVOLTAICA.

Para las características del sistema fotovoltaico ingresadas en el explorador solar (imagen 2-11) y también descritas en la tabla 2-3, los resultados de la generación fotovoltaica se presentan por horario de acuerdo al mes atingente (Tabla 2-4)

Configuración	Fijo Inclinado
Montaje	open rack cell glassback
Inclinación	36°
Azimut	0°
Coef. Temperatura	-0.45 %/°C
Ef. Inversor	96.0 %
Pérdidas	14 %

Tabla 2-3. Características del sistema fotovoltaico.

Mes	enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55	0,73
7:00	1,76	0,96	0,11	0	0	0	0	0	0,3	2,18	2,93	2,53
8:00	6,83	6,06	6,26	4,74	1,29	0	0	2,55	7,62	8,08	9,71	8,72
9:00	14,82	13,55	13,3	10,63	10,68	9,25	9,51	10,33	13,96	15,52	17,49	16,26
10:00	21,53	20,74	20,09	17,14	12,01	10,68	10,74	12,8	18,55	21,13	23,48	22,79
11:00	26,58	25,25	25,09	21,55	15,96	14,2	14,43	16,72	23,12	24,84	27,81	26,65
12:00	29,99	29,49	28,92	24,48	18,35	17,84	17,02	19,55	26,2	27,52	30,39	29,72
13:00	31,43	31,51	30,13	25,73	19,34	18,42	17,09	20,88	26,33	28,67	31,23	31,15
14:00	30,94	30,85	29,19	24,71	18,42	17,25	16,49	19,7	25,38	27,06	30,04	30,03
15:00	28,05	28,19	26,29	21,59	15,24	14,05	14,21	17,05	22,06	23,32	26,11	27,29
16:00	23,52	23,4	21,56	16,89	14,07	15,86	13,26	14,55	17,01	18,37	20,43	21,76
17:00	16,46	16,12	14,43	9,96	8,05	6,54	8,66	8,84	10,29	11,34	12,51	14,41
18:00	7,74	7,59	6,15	2,02	0	0	0	1,19	3,22	4,02	4,54	6,15
19:00	1,76	1,33	0,21	0	0	0	0	0	0	0,15	1,04	1,64
20:00	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2-4. Generación fotovoltaica horaria mensual (kW/h)

Tabla de generación fotovoltaica diaria.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh/dia	241,59	235,04	221,73	179,44	133,41	124,09	121,41	144,16	194,04	212,2	238,26	239,85

Tabla 2-5. Generación fotovoltaica diaria (kW/h).

A continuación, se muestran las plantillas gráficas de comparación entre el ciclo diario de consumo vs el ciclo diario de generación fotovoltaica.

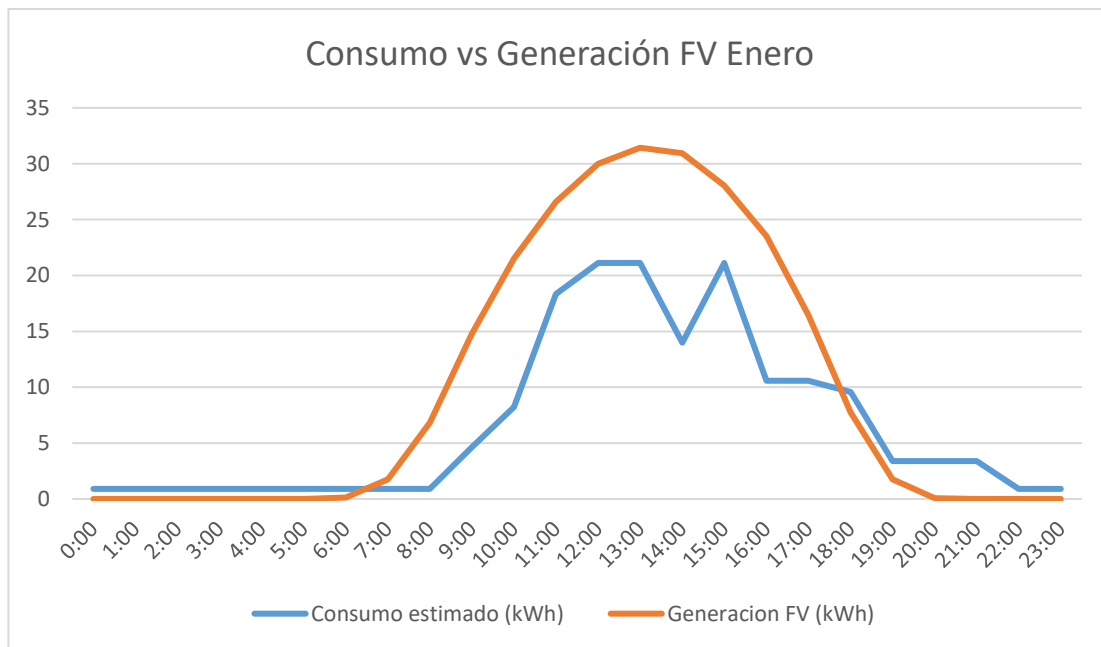


Grafico 2-3. Consumo vs generación F.V Enero.

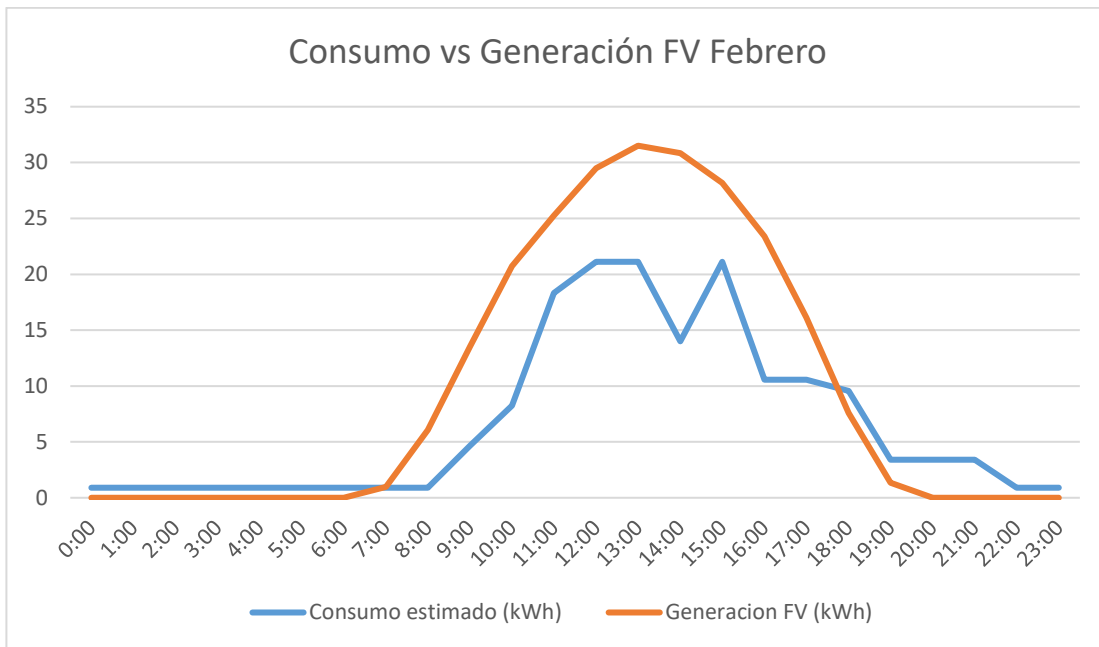


Grafico 2-4. Consumo vs generación F.V Febrero.

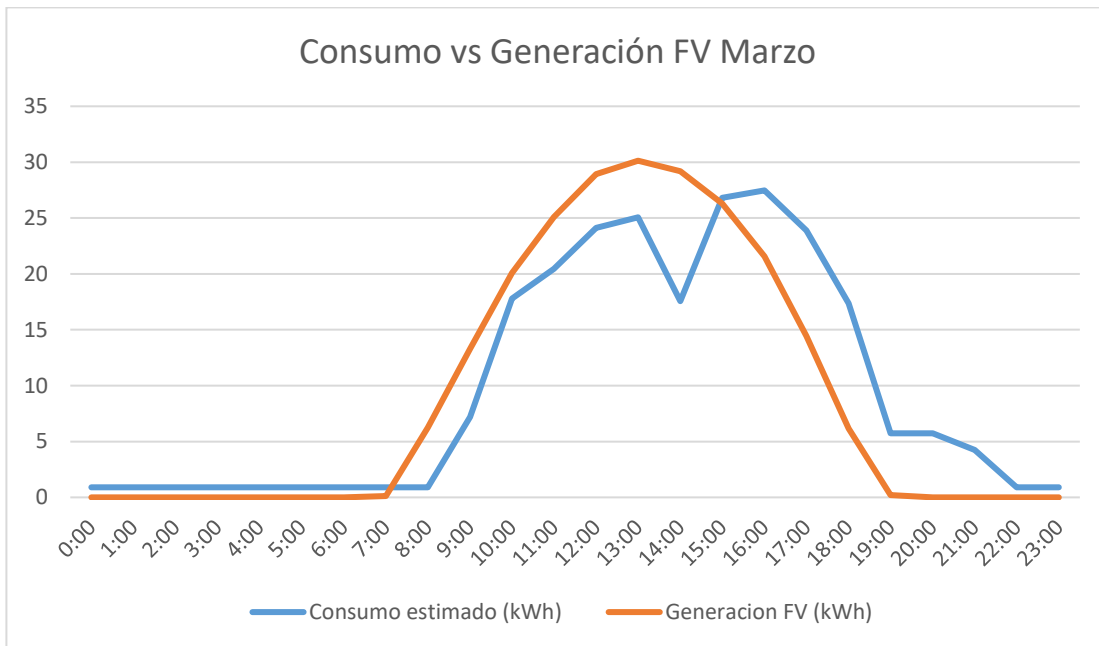


Grafico 2-5. Consumo vs generación F.V Marzo.

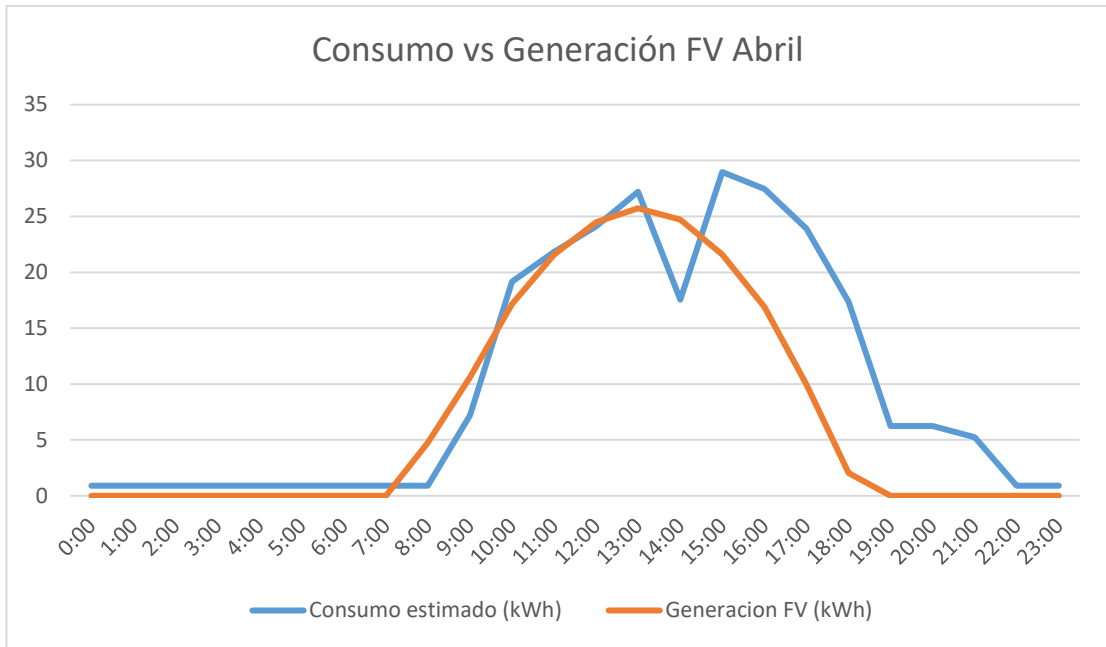


Grafico 2-6. Consumo vs generación F.V Abril.

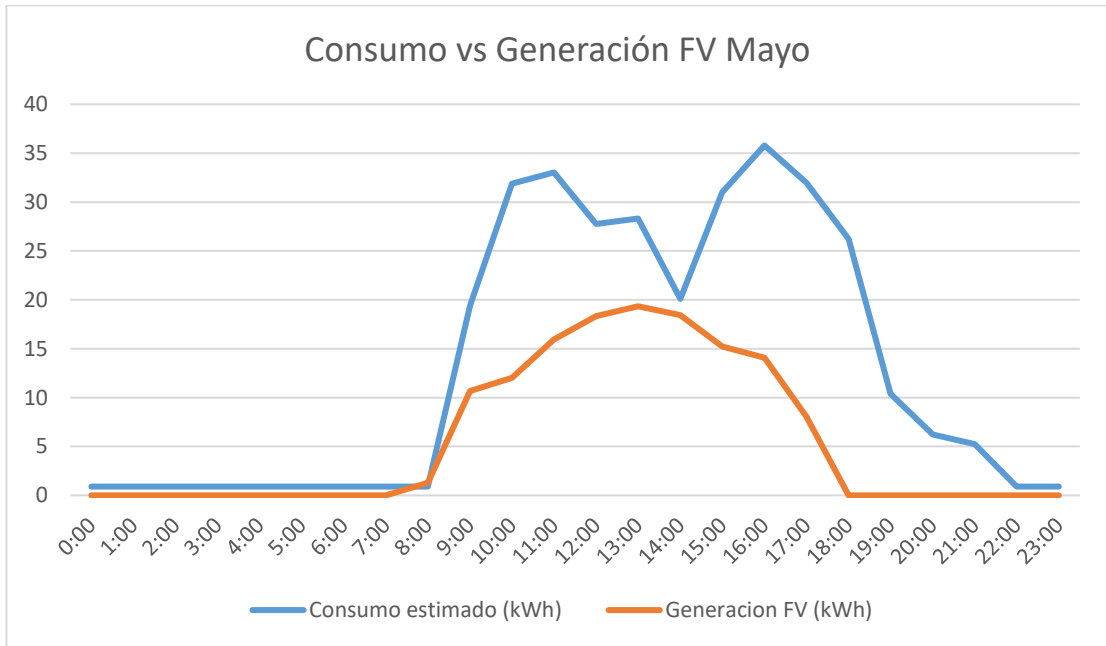


Grafico 2-7. Consumo vs generación F.V Mayo.

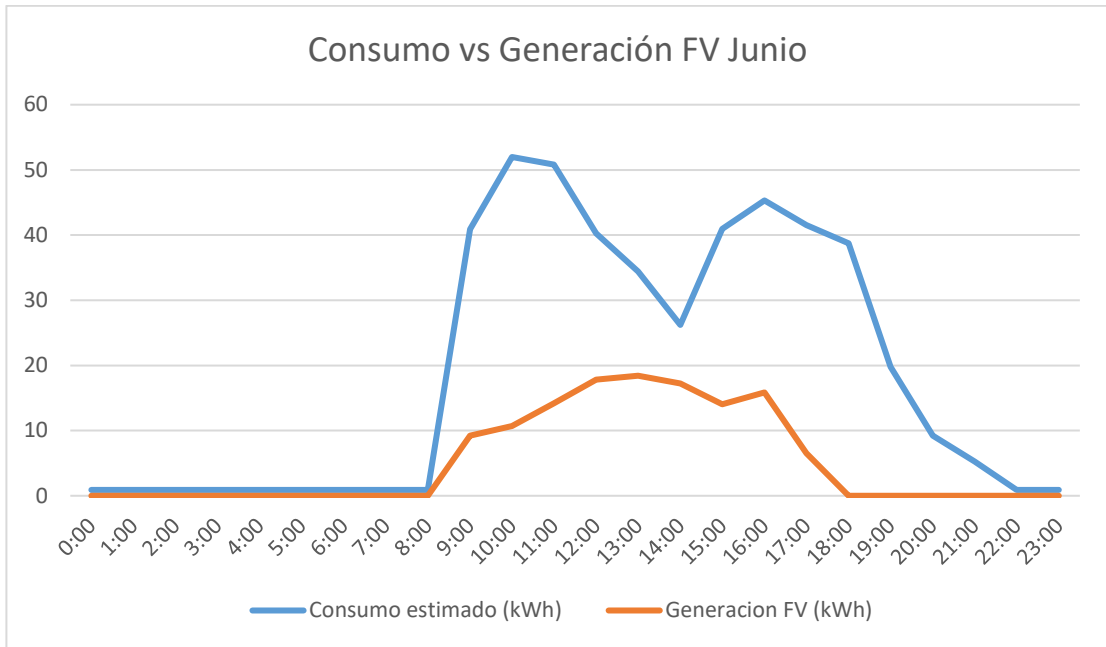


Grafico 2-8. Consumo vs generación F.V Junio.

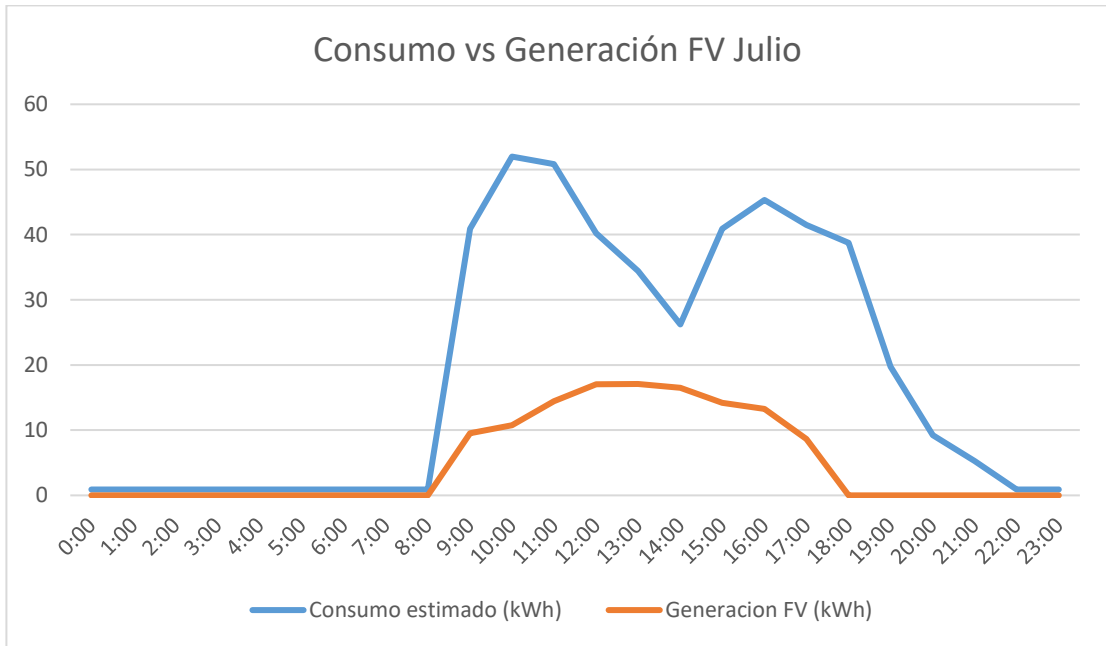


Grafico 2-9. Consumo vs generación F.V Julio.

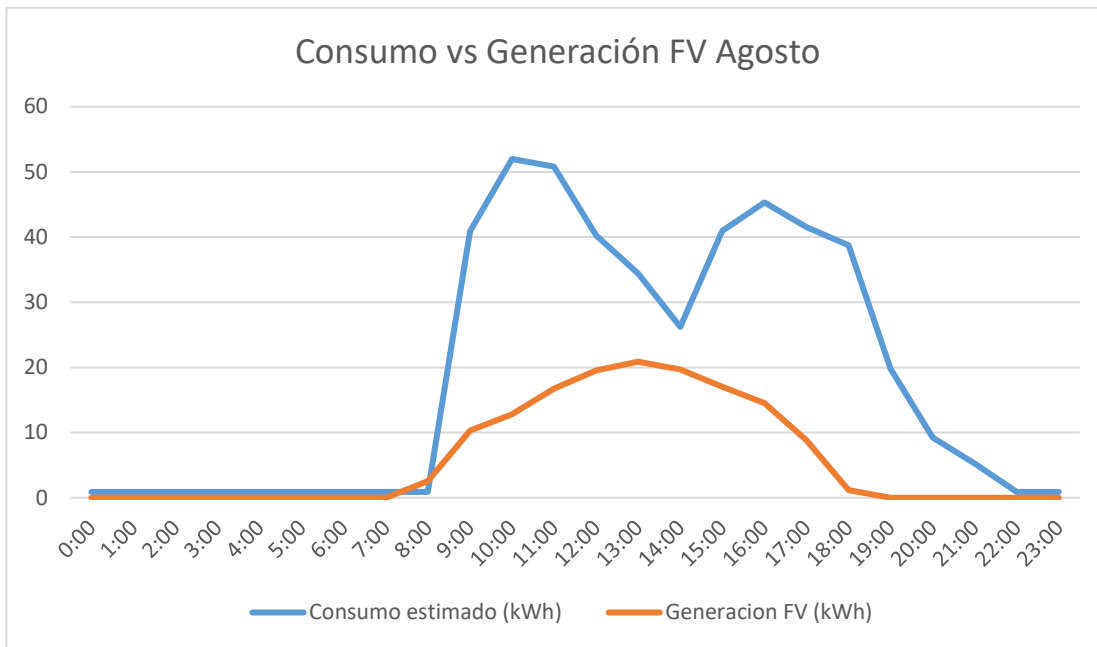


Grafico 2-10. Consumo vs generación F.V Agosto.

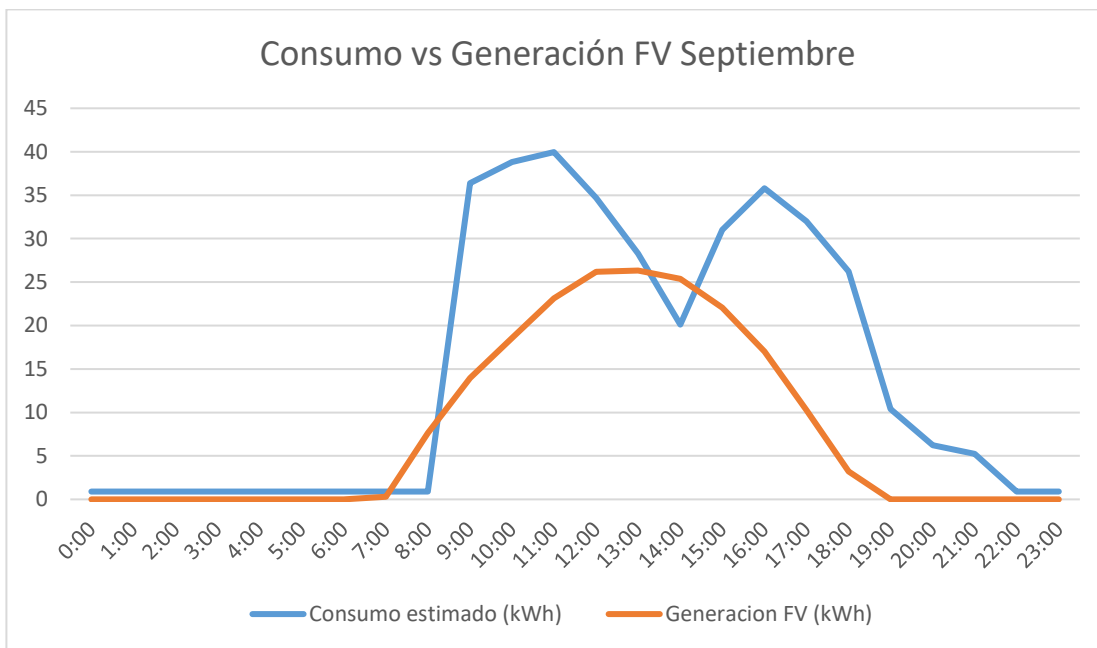


Grafico 2-11. Consumo vs generación F.V Septiembre.

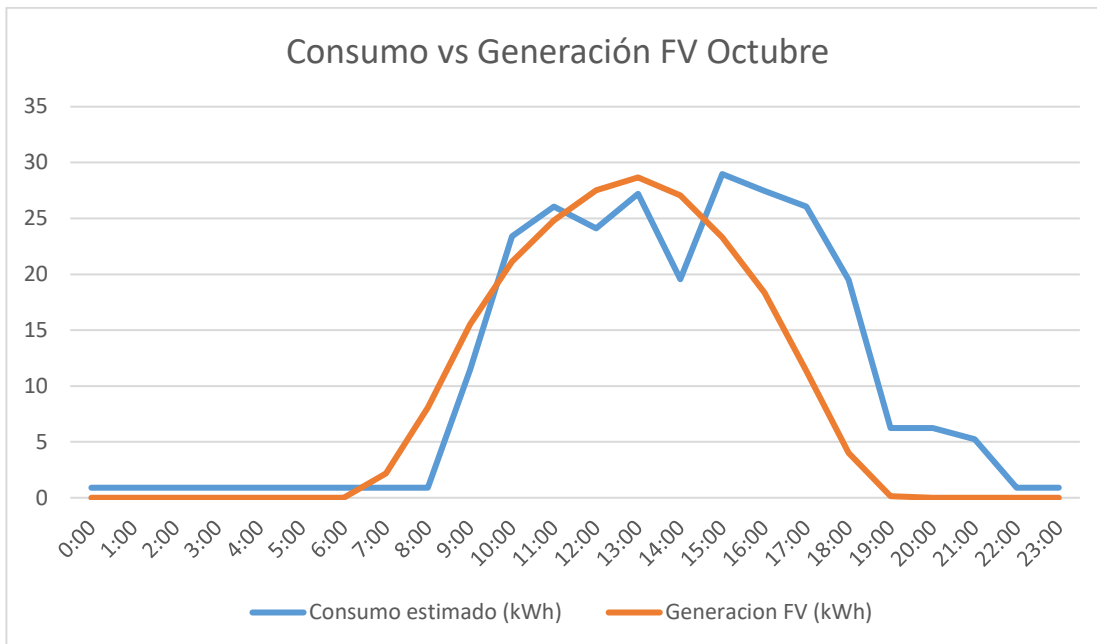


Grafico 2-12. Consumo vs generación F.V Octubre.

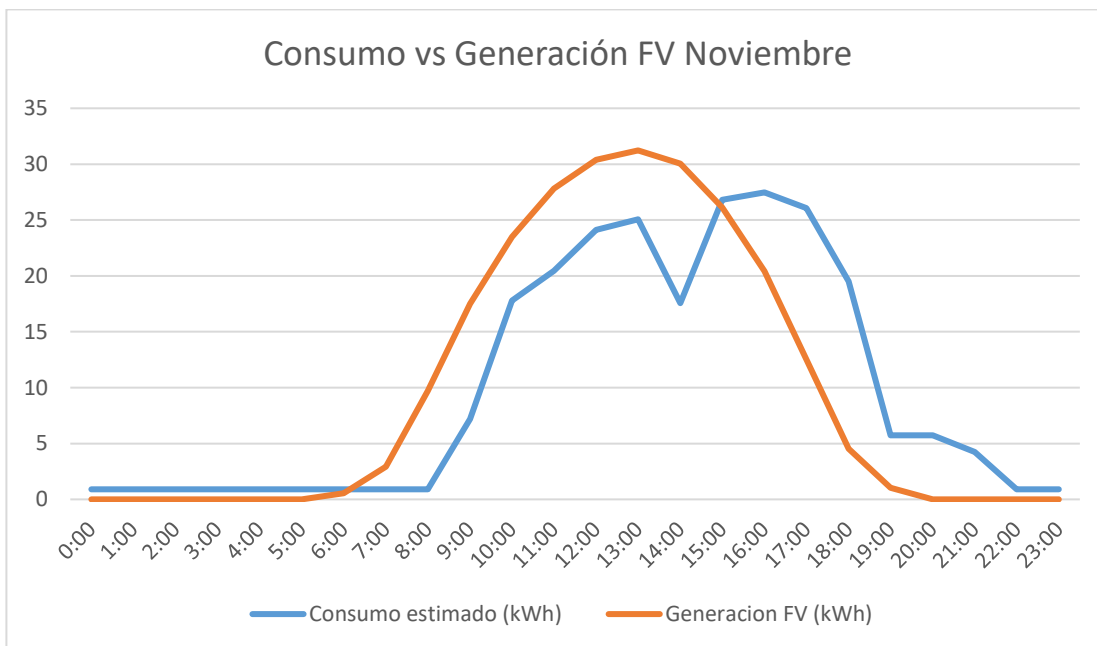


Grafico 2-13. Consumo vs generación F.V Noviembre.

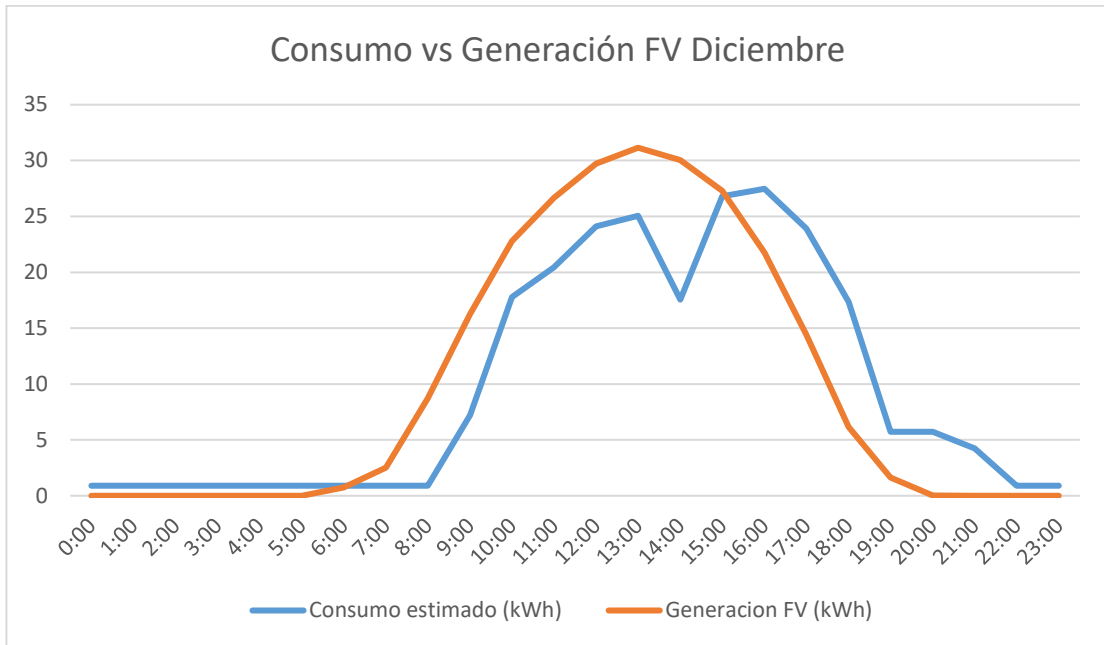


Grafico 2-14. Consumo vs generación F.V Diciembre.

Teniendo los datos de consumos mensuales definidos en el primer capítulo y teniendo los datos de la generación fotovoltaica mensual del sistema propuesto (grafico 2-15) podemos obtener los resultados (tabla 2-6) de los excedentes que se pueden inyectar a la red y los kilowatts faltantes para cubrir la demanda en los meses más fríos.

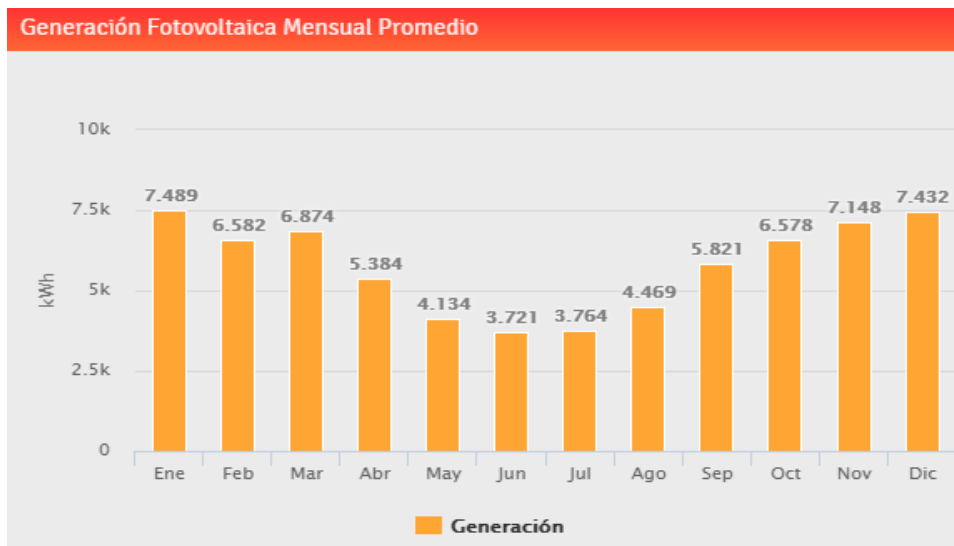


Grafico 2-15. Generación fotovoltaica mensual promedio.

Tabla de resultados

Mes	Consumo (kWh/mes)	Generación f.v (kWh/mes)	Excedente (+) Deficiencia (-)
Enero	2368,92	7489	5120,08
Febrero	1890,69	6582	4691,31
Marzo	5139,72	6874	1734,28
Abril	5523,92	5384	-139,92
Mayo	6023,22	4134	-1889,22
Junio	9343,6	3721	-5622,6
Julio	8505,24	3764	-4741,24
Agosto	10229,96	4469	-5760,96
Septiembre	6016,8	5821	-195,8
Octubre	6205,12	6578	372,88
Noviembre	5206,44	7148	1941,56
Diciembre	5139,72	7432	2292,28

Tabla 2-6. Resultados excedentes/deficiencia de la generación F.V.

Gráfico de resultados.

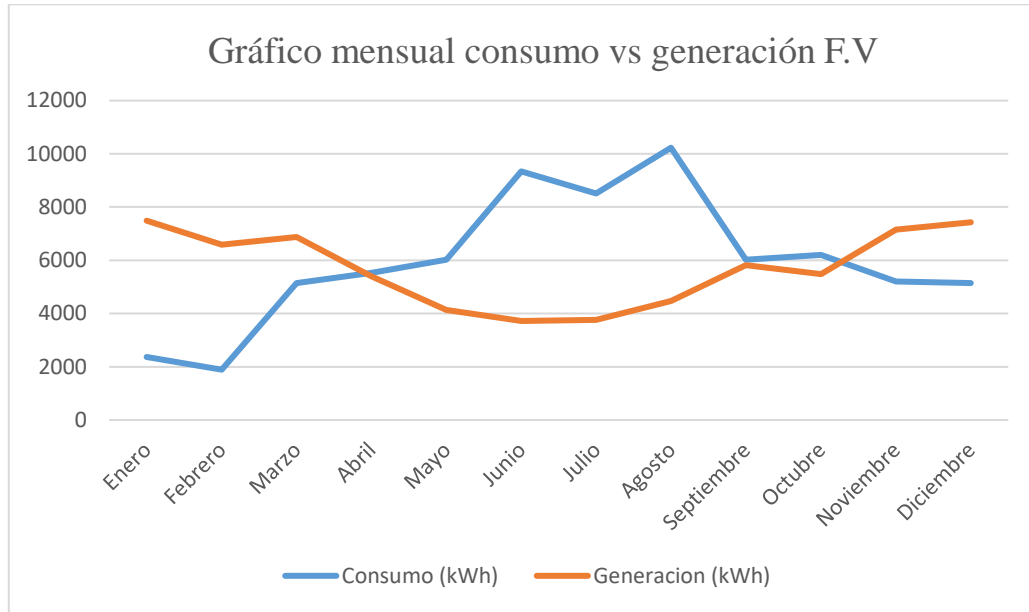


Gráfico 2-16. Resultados del consumo vs generación F.V.

**CAPITULO 3: CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS
PARA EL SOPORTE DEL SISTEMA FOTOFOLTAICO.**

3.1 DEFINICIONES.

Elemento constructivo: conjunto de materiales que debidamente dimensionados cumplen una función definida, tales como muros, tabiques, ventanas, puertas, techumbres, etc.

Elemento de estructura: todo elemento resistente u orgánico de una construcción, como cimientos, muros soportantes, suelos, pilares, techumbres, torres y otros análogos.

Fachada: cualquiera de los paramentos exteriores de un edificio.

Techumbre: parte de una edificación que comprende desde el cielo del recinto más elevado hasta la cubierta.

Costanera: elemento de colocación horizontal, separadas a una distancia determinada por el tipo de cubierta que se instalará sobre ella, generalmente de madera o metálica.

Entablado: base de cubierta formada por una superficie llena, construida por tablas machihembradas de 1" x 5" ó 1" x 4", colocadas en forma horizontal.

Barrera de Humedad: se le llama a una capa de material impermeable colocada antes de la cubierta para evitar filtraciones o condensaciones dentro de la techumbre.

Cubierta: estructuras de cierre superior, cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislación acústica y térmica.

Cercha: es un armazón que permite la transferencia de peso de manera segura, por lo que se usa como base para construir estructuras. Hablamos de estructuras tan variadas como techos, puentes, arcos o edificios.

3.2 CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS PARA EL SOPORTE DEL SF.

El sistema fotovoltaico consta de 183 paneles solares, los cuales, con sus correspondientes estructuras, pesa cada uno alrededor de 18 kg, por lo tanto, los elementos soportantes deben ser rígidos y con gran resistencia a la tracción.

La cubierta existente posee una superficie aproximada de 370 m² horizontales de 4 aguas, con una elevación vertical en los 4 muros de su fachada.

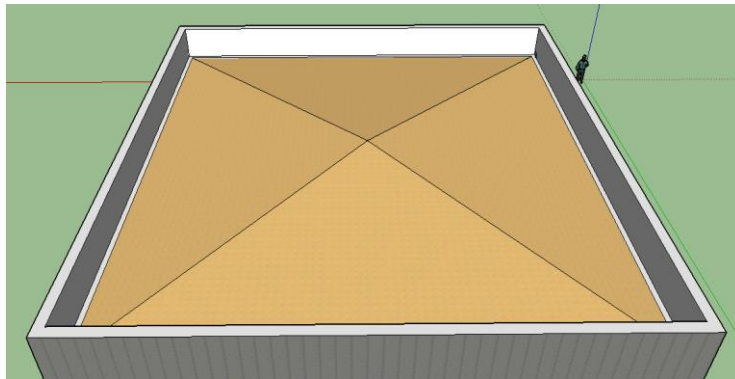


Imagen 3-1. Modelo de cubierta existente



Imagen 3-2. Foto satelital de la cubierta existente.

La techumbre existente cuenta con un entablado de madera machihembrada, que se soportan a través de perfiles metálicos del tipo canal atiesada (Imagen 3-3).



Imagen 3-3. Foto viga y entablado de techumbre existente.

La estructura de cerchas existente es del tipo W (o Fink) y se puede observar en la imagen 3-4.



Imagen 3-4. Foto cerchas existente.

Intervenir el cielo existente, sería una solución muy costosa, debido a que se tendría que desarmar toda la cubierta, realizar modificaciones a las cerchas metálicas para lograr así, una horizontalidad en la cubierta final que soportara el sistema fotovoltaico. Además de modificar todo el sistema de desagüe que posee la cubierta existente.

Una buena solución, sería instalar perfiles de Angulo laminado (ya que resisten más que los perfiles ángulos doblados) por todo el borde de la elevación perimetral de la fachada, también, otra opción, es instalar un perfil canal tipo U y fijarlo a los elementos estructurales verticales que posee la elevación perimetral de la fachada (Figura 27).

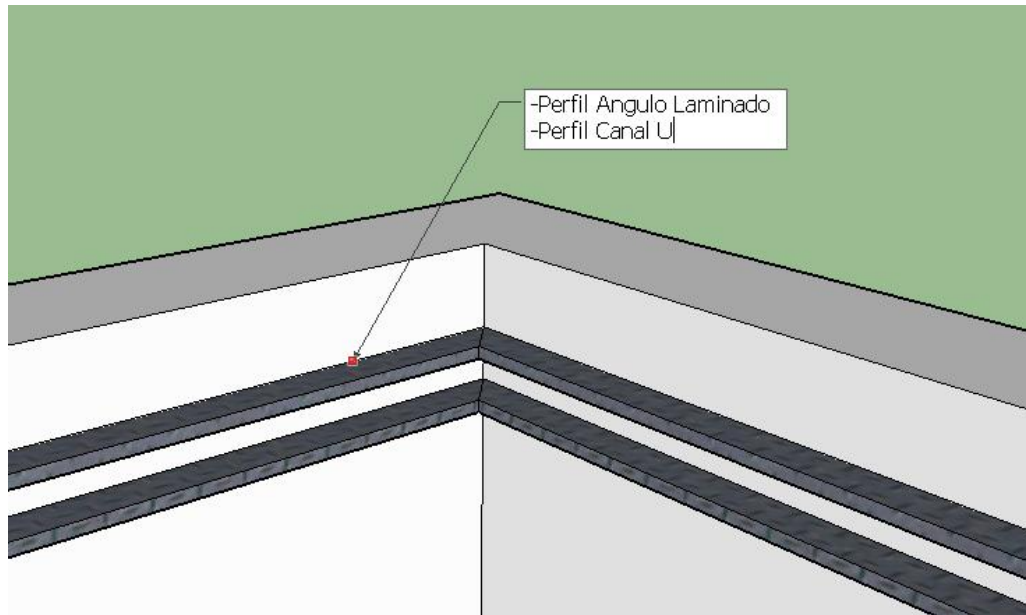


Imagen 3-5. Perfiles soportantes de la estructura a armar.

Estos elementos servirán de apoyo a las vigas (que pueden ser H o dos canales soldados) que se montaran de extremo a extremo (imagen 3-6 y 3-7).

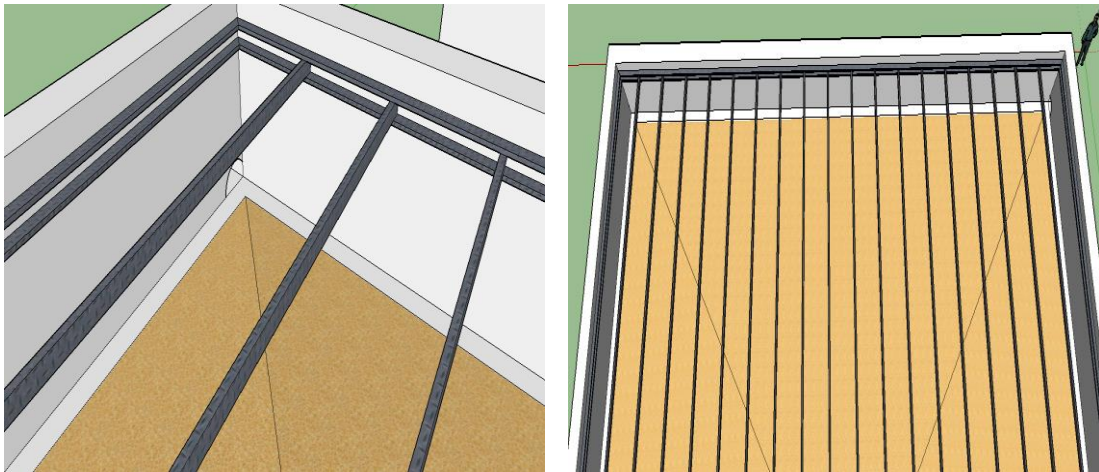


Imagen 3-6 y 3-7 respetivamente. Vigas soportantes del sistema fotovoltaico.

Luego se soldarán los perfiles que irán en el sentido perpendicular a las vigas, con esta solución se busca distribuir las cargas de manera más uniforme, y así también, poder tener una superficie más amplia para la fijación del sistema fotovoltaico al piso (Imagen 3-8).

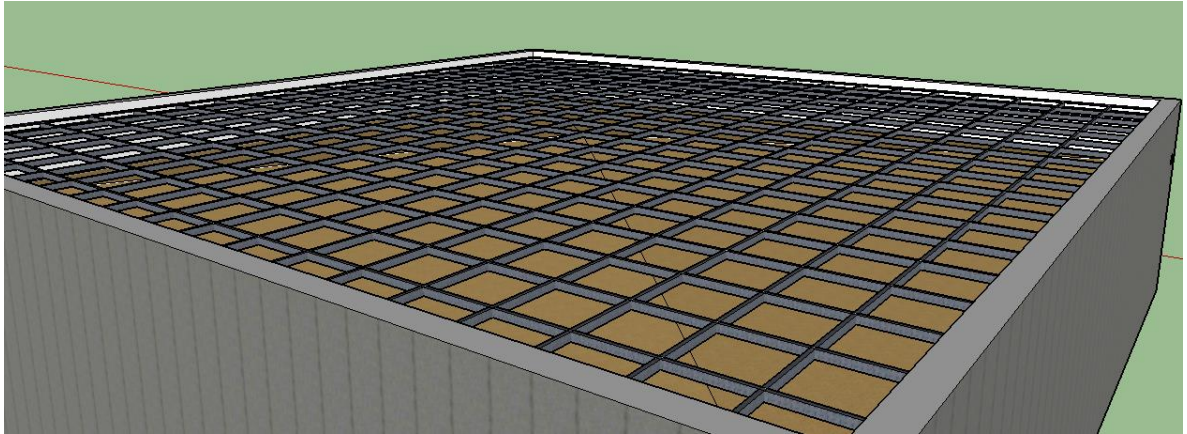


Imagen 3-8. Estructura soportante del sistema fotovoltaico.

Con una malla de acero galvanizado, se cubrirá toda la superficie, para no dejar espacios vacíos en los cuales pueda ocurrir un accidente o pueda quedar alguna parte del sistema fotovoltaico en el aire. Además, con esta malla se busca dar una solución para la filtración del agua en los días de lluvia, así, el agua pasaría al desagüe de la cubierta existente.

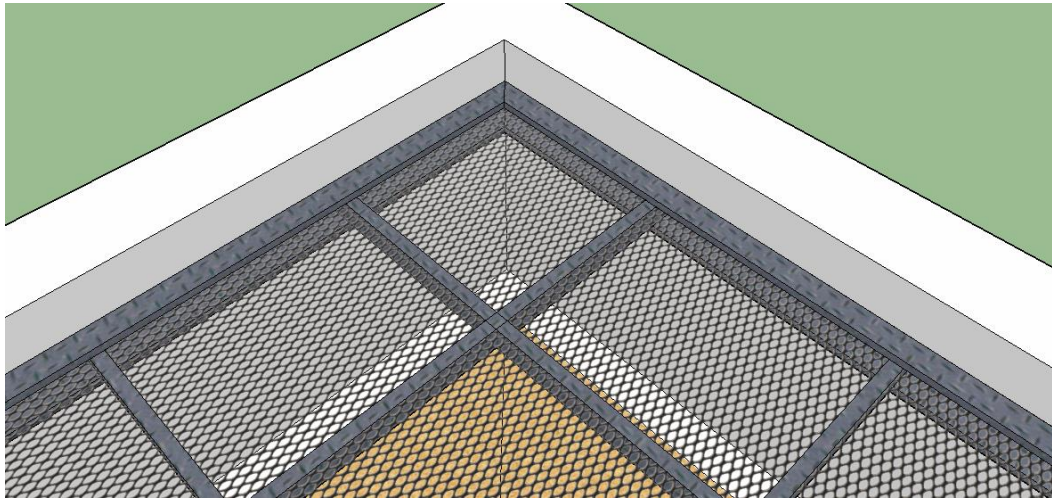


Imagen 3-9. Malla de acero sobre la estructura de soporte.

Como solución final, la estructura soportante del sistema fotovoltaico quedaría como se muestra en la imagen 3-10.

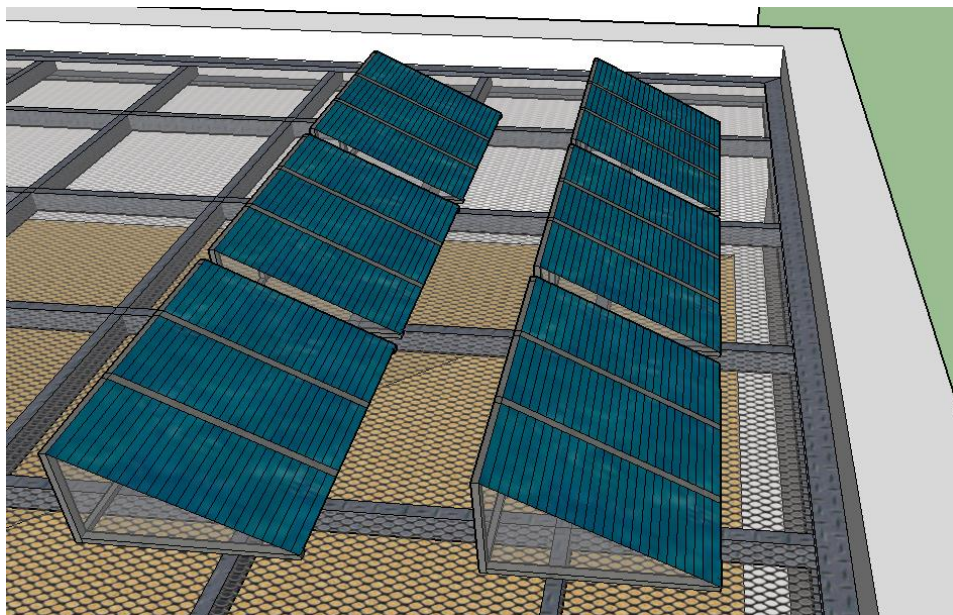


Imagen 3-10. Modelo de la estructura soportante del sistema fotovoltaico.

3.3 GUIA PARA LA INSTALACION DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

3.3.1 INTRODUCCION.

Los trabajadores deberán contar con todos los equipos de protección personal correspondiente a trabajos eléctricos en altura, ya que en la instalación de un sistema fotovoltaico sobre techo los trabajadores están propensos a caídas desde altura y además deberán tomar las medidas de resguardo en función de sus labores. Por todo lo señalado anteriormente, es recomendable instalar en primera instancia las medidas de seguridad que permitan ejecutar una instalación sin riesgo, como escaleras de acceso permanente, cuerdas de vida, barandas, etc.

Los instaladores deben poseer y utilizar su equipo de protección individual contra descargas eléctricas ya que existen riesgos de electrocución, quemaduras, etc, tanto para la parte del sistema fotovoltaico que funciona con corriente continua, como para la parte que funciona con corriente alterna, por esta razón es que se debe usar en todo momento los elementos de protección y seguridad durante la ejecución de la obra.

Previo a la instalación del sistema fotovoltaico, se deben instalar las cuerdas de vida provisoria o definitiva por seguridad del personal que transita y ejecuta las instalaciones.

Los materiales en el techo deben ser asegurados para evitar las caídas de estos, además para asegurar la estabilidad de la estructura de techumbre, las cargas producidas por los materiales deben ser distribuida uniformemente sobre la superficie de la cubierta.

3.3.2 INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Se deben hacer pruebas de impermeabilización para comprobar la estanqueidad de la cubierta existente, esto se recomienda hacer previo a la instalación del sistema fotovoltaico para evaluar el estado de la cubierta.

El montaje del sistema fotovoltaico debe permitir la dilatación térmica de todos sus componentes sin afectar los paneles. Cada material tiene su propio coeficiente de dilatación y experimenta fenómenos de expansión y contracción según la temperatura a la que se encuentre expuesto, los perfiles de montaje necesitan un espacio de dilatación adecuado para evitar deformaciones y deterioro. Estos coeficientes vienen especificados por el fabricante

Los paneles fotovoltaicos y su estructura en ningún caso deberán sobresalir del perímetro del techo.

Las instalaciones fotovoltaicas sobre techo deben permitir una adecuada ventilación de los módulos fotovoltaicos y un fácil y rápido drenaje de agua en caso de aguaceros.

Todo el material usado para el montaje del generador fotovoltaico debe ser apto para las características del medio ambiente y compatible con los materiales con los que este tenga contacto, principalmente se debe evitar la corrosión electroquímica.

Todas las partes metálicas del sistema fotovoltaico deben estar conectadas a un sistema de puesta a tierra.

Los paneles fotovoltaicos se deben transportar y manipular adecuadamente para prevenir roturas y daños provenientes de posibles cargas indebidas entre ellos.

El alineamiento de los paneles debe ser uniforme en toda la instalación para mantener una buena estética y facilitar la mantención y accesibilidad a todos ellos (Imagen 3-11)



Imagen 3-11. Correcto alineamiento de los paneles fv.



Imagen 3-12. Incorrecto alineamiento.

La distancia entre las filas de los paneles fotovoltaicos debe ser lo suficientemente amplia para evitar sombras (Imagen 3-13), también se debe tener la misma consideración en caso de existir otras estructuras en la cubierta.



Imagen 3-13. Correcto distanciamiento entre sombras.



Imagen 3-14. Incorrecto distanciamiento entre sombras.

El marco y la estructura de cada panel se deben conectar al sistema de puesta a tierra de la instalación.

Los paneles fotovoltaicos deben instalarse de acuerdo a las instrucciones de instalación del fabricante y bajo ningún caso realizar modificaciones físicas.

3.3.2.1 CONEXIONADO Y CABLEADO EN CC.

Las cajas de conexión de corriente continua (CC) deben ser operables desde el exterior para cortar y/o desenergizar el paso de corriente continua de tal forma que se minimice el riesgo de descarga eléctrica para una persona que necesite entrar en contacto con las partes energizadas interiores ya sea para el mantenimiento, reemplazar fusibles, etc.

Es importante marcar los cables CC para diferenciarlos de los CA, además es importante marcar cada string para facilitar el mantenimiento y la búsqueda en caso de falla.

Todos los conectores existentes deben ser completamente cerrados, una conexión defectuosa significa una alta resistencia de contacto, lo que produce temperaturas altas y posibles fallas.



Imagen 3-15. Correcta conexión



Imagen 3-16. Conexión deficiente.

Los conectores deben ser del mismo tipo y en lo posible, del mismo fabricante para asegurar una buena unión.

Todos los cables nunca deben sufrir daños por aplastamiento, golpes o fuerza excesiva al momento de ser instalados, ya que esto puede romper el aislamiento y producir un arco eléctrico.

Los cables deben ser protegidos contra la radiación UV directa, para esto, se pueden utilizar tuberías de protección o bandejas porta conductores (Imagen 3-17).



Imagen 3-17. Correcta protección del cableado.

Los puntos de entrada al edificio deben ser correctamente aislados (Imagen 3-18) e impermeabilizados para evitar el ingreso de agua, frío y/o viento (Imagen 3-19).



Imagen 3-18. Correcta aislación



Imagen 3-19. Deficiente aislación.

Los tableros eléctricos deben contar con el espacio suficiente para posibles ampliaciones, realizar trabajos dentro de ellos y permitir una la correcta distribución interna de sus equipos.

CAPÍTULO 4: EVALUACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

4.1 LEY DE GENERACION DISTRIBUIDA.

Dentro de la evaluación, se considera la ley de generación distribuida, establecida mediante la ley 20.571, que es un sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente. Esta ley, conocida también como Netbiling, Netmetering o Generación Distribuida, entrega el derecho a los usuarios a vender sus excedentes directamente a la distribuidora eléctrica a un precio regulado.

Todo sistema de generación eléctrica que busque acogerse a esta ley, debe ser declarado ante la superintendencia de electricidad y Combustible (SEC). Esta declaración eléctrica debe ser realizada por un instalador autorizado con el tipo de clase en función de la potencia que se instalara, y debe contener además los detalles técnicos de la instalación, así como de los productos a utilizar (deben estar certificados por la SEC). Posteriormente, la SEC fiscaliza la instalación y si esta cumple con los requerimientos técnicos, autoriza su funcionamiento, tras lo cual, el propietario deberá notificar su conexión a la red de la empresa de distribución eléctrica.

En la tabla 4-1 se muestra el detalle del total de las instalaciones declaradas al mes de octubre del 2017.

Instalaciones declaradas por regiones, año 2017

Región	Cantidad [uds.]	Potencia [kW]
III	750	1.555
RM	425	3.769
VIII	128	607
V	125	1.190
VII	102	1.574
IX	49	270
VI	47	841
II	44	555
IV	39	762
XV	20	139
XIV	17	69
I	14	258
X	14	112
XII	5	5
XI	4	33
Total	1.783	11.737

Tabla 4-1: Total de instalaciones declaradas por regiones.

Fuente: Reporte anual SEC, 2017.

Acogiendo la evaluación del sistema fotovoltaico a esta ley, es posible vender los excedentes que genera el sistema fotovoltaico en los espacios de tiempo que se genere más potencia de la que se consume.

4.2 EVALUACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

El horizonte de vida del proyecto es similar a la vida útil de un panel solar (20 años), por lo tanto, el proyecto se evaluará a un horizonte de 20 años.

Se consideran periodos anuales.

Para la evaluación en el flujo de caja, se consideró la tarifa de suministro eléctrico de la compañía CGE correspondiente al mes de diciembre 2018 para la comuna de Hualpén de acuerdo al anexo 5, este valor es de \$71,903 por kWh.

Considerando la tabla de resultados de consumo y generación.

Mes	Consumo (kWh/mes)	Generación f.v (kWh/mes)	Excedente (+) Deficiencia (-)
Enero	2368,92	7489	5120,08
Febrero	1890,69	6582	4691,31
Marzo	5139,72	6874	1734,28
Abril	5523,92	5384	-139,92
Mayo	6023,22	4134	-1889,22
Junio	9343,6	3721	-5622,6
Julio	8505,24	3764	-4741,24
Agosto	10229,96	4469	-5760,96
Septiembre	6016,8	5821	-195,8
Octubre	6205,12	6578	372,88
Noviembre	5206,44	7148	1941,56
Diciembre	5139,72	7432	2292,28

Tabla 4-2. Resultados de excedentes/deficiencia de la generación fotovoltaica.

La tabla 4-2 muestra el consumo estimado de cada mes del año y en la columna siguiente, muestra la generación fotovoltaica que se produce en cada mes con el sistema F.V propuesto.

En el mes de enero existe un consumo de 2368,92 kWh/mes y una generación fotovoltaica de 7489 kWh/mes, por lo tanto, esto quiere decir que la generación fotovoltaica, además de cubrir el consumo de este mes, es capaz de generar excedentes que pueden ser vendidos a la empresa distribuidora energética.

Los meses que generen excedentes, se venderán a la empresa distribuidora de acuerdo con la ley de generación distribuida, por lo tanto, en el mes de enero, existiría un excedente de energía de 5120,08 kWh/mes, en febrero se produce un excedente de 4691,31 kWh/mes, en marzo hay un excedente de 1734,28 kWh/mes, en octubre 372,88 kWh/mes, noviembre 1941,56 kWh/mes y en diciembre 2292,28 kWh/mes. El total anual de excedentes que se puede vender a la empresa distribuidora es de 16.152,39 kWh/año.

Los meses que contemplan deficiencia en la generación fotovoltaica son abril, mayo, junio, julio, junio, agosto y septiembre con un total de 18.349,74 kWh/año, los cuales serán suministrados por la empresa distribuidora de energía.

4.2.1 INVERSION.

La inversión para este proyecto se encuentra determinada por los valores del presupuesto del anexo 6 y 7.

El total de la inversión para el proyecto es de \$ 47.731.365,6 pesos chilenos (CLP)

4.2.2 INGRESOS.

Los ingresos se calcular de forma anual, estos ingresos serán la suma de los 12 periodos del año en los cuales la UTFSM sede Concepción destinaba recursos al pago del consumo energético del edificio Daniel Alcalay Lowiit (biblioteca). Además, se agregan los ingresos generados por el sistema fotovoltaico en los meses que este produzca excedentes de energía.

4.2.3 COSTOS.

Los costos del proyecto se diferencian en costo fijo y costo variable. El costo fijo será el de mantenciones que se realizará a lo largo del proyecto fotovoltaico, esta mantención se recomienda hacer como mínimo, 1 vez al año, este proyecto contará con 2 mantenciones anuales. El costo variable se calculó de acuerdo a la deficiencia del sistema fotovoltaico en los meses que se necesite suministrar energía de la empresa distribuidora.

4.2.4 DEPRECIACIONES.

La depreciación es una pérdida del valor promedio anual para un activo, es decir, es la pérdida contable de valor en activos fijos. En este caso, los activos fijos son los paneles solares. La depreciación se define por la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación anual} = (\text{Precio costo} - \text{Valor desecho}) / \text{Vida útil del activo}$$

Para el proyecto se define así:

$$\text{Depreciación anual panel solar} = (135.990 - 15.000) / 20 \text{ años} = 6.050$$

$$\text{Dep. total paneles} = 6.050 \times 183 \text{ paneles} = \$1.107.150$$

$$\text{Depreciación soporte} = (6.080 - 500) / 80 \text{ años} = 69,75$$

$$\text{Dep. total soportes} = 69.75 \times 183 \text{ soportes} = \$12.764,25$$

$$\text{Depreciación inversor} = (2.580.000 - 0) / 20 \text{ años} = 129.000$$

$$\text{Dep. total inversor} = 129.000 \times 2 \text{ inversores} = \$258.000$$

4.2.5 TASA DE DESCUENTO.

La metodología típica consiste en analizar el exceso de retorno histórico, asumiendo que éste es un buen predictor del futuro. Existe una serie de estudios que difieren en cuánto es un retorno de mercado esperable, sin embargo, la mayoría de ellos coincide en que éste se encuentra entre un 3,5% y un 7,5%. (Fuente: Méritos económicos, riesgos y análisis de competencia en el mercado eléctrico chileno de las distintas tecnologías de generación de electricidad, Ministerio de Energía, 2017)

La tasa para este proyecto será el promedio de la fluctuación de la tasa, por lo tanto, la tasa de descuento para el proyecto es de 5,5%.

A continuación, la siguiente tabla muestra los ingresos, egresos y rendimientos productos de la generación fotovoltaica en relación al consumo de cada mes del año.

MES	Consumo (kWh/mes)	Generación (kWh/mes)	Ingreso \$ (CLP)	Egreso \$ (CLP)	Rendimiento (%)
enero	2368,92	7489	\$ 538.481,567	\$ -	316%
febrero	1890,69	6582	\$ 473.265,546	\$ -	348%
marzo	5139,72	6874	\$ 494.261,222	\$ -	134%
abril	5523,92	5384	\$ 397.186,420	\$ 10.060,67	97%
mayo	6023,22	4134	\$ 433.087,588	\$ 135.840,59	69%
junio	9343,6	3721	\$ 671.832,871	\$ 404.281,81	40%
julio	8505,24	3764	\$ 611.552,272	\$ 340.909,38	44%
agosto	10229,96	4469	\$ 735.564,814	\$ 414.230,31	44%
septiembre	6016,8	5821	\$ 432.625,970	\$ 14.078,61	97%
octubre	6205,12	6578	\$ 472.977,934	\$ -	106%
noviembre	5206,44	7148	\$ 513.962,644	\$ -	137%
diciembre	5139,72	7432	\$ 534.383,096	\$ -	145%
Total anual			\$ 6.309.181,943	\$ 1.319.401,36	

Tabla 4-3. Ingresos, egresos y rendimiento de la generación F.V.

4.3 RESULTADOS DE LA EVALUACION

En base a los flujos de caja del anexo 8.

4.3.1 VAN

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

Su fórmula es:

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

Donde

I_0 = Inversión inicial

F_t = Flujo de caja anual

k = Tasa de descuento

t = periodo del flujo de caja anual.

VAN del proyecto = \$8.575.787

En definitiva, el VAN es mayor a cero, esto significa que obtendremos un resultado positivo en dicha inversión. Si el VAN es igual a cero, el proyecto es rentable, porque ya está incorporado ganancia de la TD. si el VAN es menor que cero, la inversión no es recomendable pues el resultado será negativo generándose pérdidas.

4.3.2 TIR

La Tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. ... También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

Su fórmula es:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde

Fn= Flujo de caja anual

i= tasa de descuento

T= periodo del flujo de caja anual.

TIR del proyecto = 8%

La tasa interna de retorno del proyecto es del 8%, este número es mayor al de la tasa de descuento (5,5%), por lo tanto, el proyecto es viable de invertir.

4.3.3 PRI

El período de recuperación de la inversión (PRI) es un indicador que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente.

Su fórmula es:

$$\text{PRI} = a + \frac{(b - c)}{d} =$$

Donde

a= año anterior inmediato en que se recupera la inversión.

b= inversión inicial.

c= suma de los flujos de caja efectivos anteriores.

d= flujo de caja efectivo en el año que se satisface la inversión.

PRI del proyecto = 10,18 años = 10 años, 2 meses, 4 días.

4.4 ALTERNATIVA DE FINANCIAMIENTO.

4.4.1 PROGRAMA TECHO SOLARES PUBLICOS.

El Programa Techos Solares Públicos (PTSP) es una iniciativa del Ministerio de Energía que se encuentra dentro de la agenda energética chilena, está orientada a la instalación de sistemas fotovoltaicos en los techos de edificios públicos, con el objetivo de contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico para autoconsumo. Los beneficiarios del Programa, considerando que es un plan piloto, serán instituciones públicas, fundaciones y corporaciones sin fines de lucro, de carácter nacional, que cumplan un rol social y público, y que beneficien directamente a toda la población.

4.4.2 ETAPAS DEL PTSP.

- **Identificación de edificios públicos:** Las instituciones públicas realizarán un levantamiento de los edificios públicos que cumplan con los criterios de elegibilidad y los postularán mediante una ficha básica de información.
- **Selección de proyectos:** El Ministerio de Energía analizará la información contenida en la Ficha Básica y determinará la visita técnica a terreno para aquellos edificios que cumplen con los criterios de elegibilidad.
- **Diseño de la solución:** El Ministerio de Energía analizará la información recolectada en terreno y elaborará un ante-proyecto de un sistema fotovoltaico adecuado para el edificio seleccionado, el que será presentado a la institución pública para su aprobación.
- **Licitación de los proyectos:** El Ministerio de Energía realizará un llamado a licitación pública para que empresas instaladoras oferten la implementación de los proyectos elaborados.

- Instalación: La empresa adjudicataria realizará la instalación del sistema fotovoltaico, cuya calidad y correcto desarrollo será supervisado por el Ministerio de Energía.
- Evaluación programa: se realizará un monitoreo de los proyectos implementados a través de una evaluación anual del programa para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados.

4.4.3 CARACTERISTICAS ADMINISTRATIVAS DEL INMUEBLE Y SU ENTORNO.

- La Institución pública es dueña del inmueble, tiene la destinación de la administración del edificio o es un arriendo con opción de compra (leasing).
- Si el edificio es arrendado, la Institución Pública mantiene a la fecha un contrato de arriendo por un periodo igual o superior 15 años.
- Si el edificio es Monumento Nacional, la Institución Pública cuenta con el permiso del Consejo de Monumentos Nacionales para realizar intervenciones.
- La Institución Pública no tiene concesionada la operación del servicio que presta a una institución privada.
- La Institución Pública no comparte la propiedad del edificio con instituciones privadas.
- La Institución Pública no proyecta el traslado del servicio a otro edificio diferente en los próximos 15 años.
- La Institución Pública no proyecta intervenciones en el área prevista para la instalación del proyecto.

- La Institución Pública no conoce la existencia de nuevas edificaciones en el entorno que pudiera generar sombra en el edificio.

4.4.4 CARACTERISTICAS DEL INMUEBLE Y TECHO.

- Inmuebles cuyas edificaciones se hayan construido bajo la normativa de construcción.
- Inmuebles cuyo material de edificación no contenga adobe.
- Inmuebles que no tengan daños en la estructura de la techumbre: oxidación, desprendimientos de material u otro.
- Inmuebles en los cuales la estructura de la techumbre no está cercana al fin de su vida útil.
- La cubierta del techo no tiene daños: filtraciones, oxido, quebraduras u otro tipo daño.
- La cubierta del techo no es de fibrocemento (pizarreño).
- La cubierta del techo no está cercana al fin de su vida útil.

La estructura de la techumbre debe ser capaz de soportar el peso de un sistema fotovoltaico, la cual en su conjunto (módulos y estructura de soporte pesa aproximadamente 15[kg/m²]).

4.5 RESULTADOS CON ALTERNATIVA DE FINANCIAMIENTO

Suponiendo un financiamiento parcial del 50% en la adquisición y posterior instalación de los módulos fotovoltaicos (a través del PTSP), el presupuesto del anexo 6 disminuiría de \$37.412.183,9 a la cantidad de \$18.706.091,95, lo que sumado al presupuesto del anexo 7 (ppto estructura soporte), el proyecto fotovoltaico tendría una inversión inicial de \$ 29.025.273,7.

Manteniendo la tasa de descuento (5,5%), el proyecto fotovoltaico tendría los siguientes resultados en su evaluación.

4.5.1 VAN

El valor actual neto del proyecto aumentaría llegando a los \$27.281.879 y, por ende, su rentabilidad.

4.5.2 TIR

La tasa interna de retorno del proyecto, podría alcanzar el 15%, sin que este, pierda su rentabilidad, ya que al usar una tasa de descuento del 15%, el VAN sería aproximadamente 0 y el proyecto aún seguiría siendo rentable, porque ya está incorporando ganancias en la tasa de descuento.

4.5.3 PRI

El periodo de recuperación de la inversión sería mucho menor, pasando de los 10 años 2 meses y 4 días, a los 6 años 2 meses y 8 días.

En la tabla 4-4 se puede observar el resumen de los resultados obtenidos.

	Inversion inicial	VAN	TIR	PRI
Proyecto F.V sin financiamiento	\$ 47.731.366,00	\$ 8.575.787,00	8%	10,18
Proyecto F.V con 50% de financiamiento en ppto anexo 6	\$ 29.025.274,00	\$ 27.281.879,00	15%	6,19

Tabla 4-4. Resumen de los resultados obtenidos.

Si la inversión inicial disminuye en 40%, el valor actual neto del proyecto aumenta en un 318% y su rentabilidad puede alcanzar una tasa de descuento del 15% y no perder dinero. Además, el periodo de recuperación de la inversión disminuye de 10 a 6 años lo que es un muy buen indicador para un proyecto.

CONCLUSIÓN

Con respecto al consumo eléctrico generado por el edificio Daniel Alcalay Lowitt, la demanda se hace notoria en los meses de mayo, junio, julio y agosto, debido a la gran cantidad de artefactos eléctricos usados para calefacción en los espacios del edificio tales como oficinas, áreas de trabajo, salas de reunión, etc. La generación fotovoltaica en estos meses, solo en mayo logra superar el 50% (rendimiento de la generación en el mes de mayo: 69%) del consumo energético del edificio debido a que la radiación aun no es tan baja (radiación mayo plano inclinado: 3,61 kWh/m²/día) y la luz solar permanece por más tiempo en el día. En los meses de junio, julio y agosto el rendimiento del sistema fotovoltaico no supera el 50% (junio:40%-julio:44%-agosto:44%) ya que el consumo es mayor y, además, la radiación solar junto con las horas de luz en el día, es menor.

La eficiencia de los paneles solares en el proceso de transformación de la energía solar a eléctrica va aumentando con los años, si hoy, en laboratorios, un panel monocristalino alcanza un rendimiento de un 22%, tal vez en unos años más, este rendimiento pueda ser aún mayor, lo que haría que la generación fotovoltaica también aumente.

Otro aspecto también relevante, es que, si queremos que el edificio se energéticamente autónomo, es necesario contar con 642 paneles solares para cubrir la demanda total, ya esta es la cantidad de paneles solares de 250 wp calculada con el mes más desfavorable (junio). Para esto, es necesario contar con una mayor superficie útil para la instalación de estos. Esta superficie podría ubicarse en algún sector estratégico de la universidad donde durante el día, las sombras sean las mínimas como lo es en la techumbre del edificio Daniel Alcalay Lowitt. Cabe mencionar, que este aumento de paneles solares, también aumentaría la inversión inicial, ya que el costo en cantidad e instalación aumentaría.

La rentabilidad del proyecto con y sin financiamiento es buena, ya que en ambos casos el valor actual neto del proyecto es positivo (\$8.575.787 y \$27.281.879 respectivamente), claro está que con financiamiento externo, el periodo de recuperación de la inversión disminuye de 10 a 6 años, lo que hace al proyecto más tentador aun, ya que además, este podría trabajarse con una tasa de descuento del 15% y aun así, generaría utilidades que se consideran en esta misma tasa (debido a que el dinero pierde su valor a través del tiempo).

Finalmente, es importante destacar que la energía solar no necesita combustible, el combustible constituye una parte muy importante del costo de generación de la energía eléctrica, al no comprar combustible, reducimos ese costo y, además, reducimos el costo del deterioro del medio ambiente que genera la extracción de combustibles fósiles, se reducen costos en la transmisión de energía ya que podemos tener una planta solar in situ. También, la energía solar, nos da independencia económica, ya que produce energía en las horas centrales del día, que es cuando la demanda es mucho mayor. Otra ventaja de esta energía, es que no contamina, podemos tener una planta solar fotovoltaica en la techumbre del edificio sin afectar al medio ambiente, al contrario, con otras fuentes de energía fósil, es necesario llevarlas a los límites urbanos para que no afecte la salud de las personas y el medio ambiente (como lo son las termoeléctricas).