

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA CREAR UNA
EMPRESA DE SERVICIO PARA LA VENTA DE PANELES SOLARES PARA
COMUNIDADES COLABORATIVAS**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA,
CON LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN
PROYECTOS DE INGENIERÍA

Alumna:

Carolina Garrido Cortés

Profesor Guía:

Dr. Carlos Antillanca Espina



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO Y ECONÓMICA PARA CREAR UNA EMPRESA DE SERVICIO PARA LA VENTA DE PANELES SOLARES PARA COMUNIDADES COLABORATIVAS.

Nombre del candidato(a): Carolina Alejandra Garrido Cortés.

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Proyectos de Ingeniería

Campus: San Joaquín

Departamento: Diseño y manufactura.

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Antillanca Espina, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo. ✓
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución. ✓

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

X El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

Este proyecto de título cuenta con información confidencial de la empresa Alken Energía.

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 11-09-2026

Firma:

CARLOS ANTILLANCA E.
UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 10-09-2026

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1	DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO DE MERCADO	3
1.1.1	Antecedentes generales y específicos	3
1.1.2	Objetivo general	4
1.1.3	Objetivos específicos	4
1.1.4	Estudio de demanda	5
1.1.5	Antecedentes cualitativos	7
1.1.6	Consideraciones generales	7
1.1.7	Contexto de desarrollo del proyecto	9
1.1.8	Tamaño del proyecto	9
1.1.9	Impactos	10
1.1.10	Estudio de mercado	11

CAPÍTULO 2: ESTUDIO TÉCNICO

2.1	Diagnóstico energético y caracterización de la situación base	14
2.1.1	Situación base sin proyecto	14
2.1.2	Situación base con proyecto	15
2.1.3	Parámetros técnicos de diseño del sistema	16
2.1.4	Criterios técnicos de evaluación del sistema fotovoltaico	16
2.1.5	Supuestos de mejora del proyecto	17
2.1.6	Alcances y Limitaciones del proyecto	17
2.1.7	Marco normativo	18
2.1.8	Modelo de negocio	19
2.1.9	Plan de implementación de la fase piloto	21
2.1.10	Aplicación ConectaSol	22

2.1.11	Estudio Ambiental	24
2.1.12	Estudio Logístico	24
2.1.13	Estudio Administrativo	30

CAPITULO 3: ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO

3.1	Marco general y criterios de evaluación financiera	33
3.1.1	Estructura societaria	33
3.1.2	Inversión inicial	36
3.1.3	Capital de trabajo	39
3.1.4	Determinación de la cuota de servicio	41
3.1.5	Flujo de caja	42
3.1.6	Valor Residual	44
3.1.7	Análisis de sensibilidad	44

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

ANEXOS 49

Anexo A:	Memoria de cálculo y evaluación económica de ConectaSol	49
----------	---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Desglose de costos del kit fotovoltaico estándar propuesto por ConectaSol	20
Tabla 2-2: Cadena Logística general	25
Tabla 2-3: Cronograma Logístico (Carta Gantt)	27
Tabla 3-1: Detalle de gastos de constitución, desarrollo y stock inicial	34
Tabla 3-2: Desglose de inversiones complementarias y capital de trabajo	35
Tabla 3-3: Desglose de activos fijos tangibles	37
Tabla 3-4: Desglose de activos intangibles	38
Tabla 3-5: Desglose de gastos en personal	38
Tabla 3-6: Detalle de gastos operativos mensuales	39
Tabla 3-7: Método de déficit acumulado para calcular el capital de trabajo	40
Tabla 3-8: Flujo de caja, con financiamiento de un 50%	43
Tabla 3-9: Resultados de flujos de caja	44
Tabla 3-10: Sensibilidad del VAN y TIR ante variaciones en la variable de Ingresos	45
Tabla 3-11: Sensibilidad del VAN y TIR ante variaciones en la variable de Egresos	46
Tabla A-1: Inversión Inicial	49
Tabla A-2: Detalle capital fijo	50
Tabla A-3: Detalle de egresos operacionales del proyecto	50
Tabla A-4: Resumen de inversión de ventas y egresos proyectados	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Radiación global horizontal mensual en la Región de Valparaíso	8
--	---

RESUMEN

KEYWORDS: GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA, MODELO DE NEGOCIO ESCO, COMUNIDADES SOLARES COLABORATIVAS

El presente trabajo de título tiene como objeto evaluar la prefactibilidad técnica y económica para la creación de ConectaSol, una empresa de servicios orientada a la comercialización e instalación de sistemas solares fotovoltaicos dirigidos a comunidades colaborativas en la Región de Valparaíso, Chile. El proyecto surge frente al creciente aumento de la demanda energética residencial, la presión por la descarbonización de la matriz energética nacional y la baja penetración de soluciones solares en sectores urbanos y periurbanos con limitado acceso a financiamiento, información técnica y modelos de gestión adaptados a su realidad.

A partir del diagnóstico territorial y normativo, se identificó como problema central la carencia de herramientas estandarizadas y modelos de negocio inclusivos que faciliten la evaluación y propuesta de soluciones solares comunitarias. Como respuesta a esta situación se propone un modelo integral que incluye asesoría técnica, venta de equipos certificados, gestión de financiamiento, instalación profesional, acompañamiento postventa y el desarrollo de una aplicación móvil para la gestión energética compartida.

La metodología utilizada incluyó revisión documental, análisis normativo, levantamiento de datos técnicos y modelación económica preliminar. La evaluación técnica confirmó la viabilidad de operar con equipos certificados bajo la normativa chilena vigente, mientras que la evaluación económica determinó la viabilidad del proyecto bajo los supuestos establecidos y el escenario de financiamiento evaluado.

Finalmente, los resultados del estudio demuestran que el proyecto ConectaSol es técnica y económicamente rentable bajo las condiciones evaluadas. La proyección financiera arroja un Valor Actual Neto (VAN) positivo, una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior a la tasa de descuento utilizada y un período de recuperación de la inversión razonable, lo que confirma la viabilidad del modelo de negocio propuesto. En conjunto, el proyecto no solo resulta financieramente atractivo, sino

que también genera beneficios sociales y ambientales relevantes, posicionándose como una alternativa sostenible para promover la generación solar comunitaria en la Región de Valparaíso.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

ESCO	:	Empresa de Servicios Energéticos (Energy Services Company)
GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
SEC	:	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
VAN	:	Valor Actual Neto
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
PRI	:	Periodo de Recuperación de la Inversión
ECLP	:	Estrategia Climática de Largo Plazo
APP	:	Aplicación (software móvil o digital)
QC	:	Calidad
MVP	:	Producto Mínimo Viable
TI	:	Tecnología de la Información

B. SIMBOLOGÍA

kWh	:	Kilowatt hora (unidad de energía)
kWp	:	Kilowatt pico (potencia máxima de un sistema fotovoltaico)
— Rojo:		Actividad en ruta crítica.
— Azul:		Actividad no crítica.
◆ Rombo:		Hito del proyecto.
→ Flecha:		Dependencia entre actividades.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, a partir del año 2014, se ha evidenciado una creciente preocupación por el deterioro ambiental, el agotamiento de recursos fósiles y la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático los cuales han impulsado el desarrollo e implementación de fuentes de energías renovables a nivel global. En este contexto, la energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una alternativa limpia, eficiente y económicamente viable, especialmente en Chile, donde las condiciones geográficas y climáticas permiten y favorecen un alto aprovechamiento de la radiación solar.

La presente investigación corresponde a un estudio de prefactibilidad técnica y económica orientado a la creación de una empresa de servicios denominada ConectaSol, cuyo propósito es ofrecer soluciones energéticas basadas en la instalación de sistemas fotovoltaicos para comunidades colaborativas en la Región de Valparaíso. Esta propuesta se fundamenta en la necesidad de facilitar el acceso de comunidades residenciales organizadas a tecnologías limpias y fomentar modelos organizativos participativos que promuevan el desarrollo sostenible a nivel local.f

El proyecto contempla, además, el diseño de una aplicación móvil que facilite la gestión, monitoreo y optimización del consumo energético dentro de las comunidades beneficiadas. A través de un enfoque teórico, se analizan aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales que inciden en la viabilidad de esta iniciativa, con el fin de establecer lineamientos que sustenten su implementación.

Asimismo, este proyecto busca contribuir al desarrollo de soluciones energéticas descentralizadas que respondan a las particularidades del territorio, promuevan la equidad energética y generen impactos positivos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, aportando así al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y transición energética en el contexto chileno.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

El presente capítulo tiene por finalidad contextualizar el proyecto desde una perspectiva general, abordando los principales antecedentes que sustentan el desarrollo de ConectaSol. Para ello, se analizan las condiciones energéticas, sociales, económicas y normativas que enmarcan la implementación de soluciones solares colaborativas de Valparaíso, considerando tanto el contexto nacional de transición energética como las particularidades territoriales de las comunidades residenciales organizadas. Asimismo, se definen los objetivos del proyecto y se presentan los elementos generales que servirán de base para la evaluación técnica.

1.1. Diagnóstico y estudio de mercado

Este capítulo tiene como objetivo contextualizar y delimitar el problema que enfrenta la comunidad en el marco del desarrollo energético nacional y regional, en un escenario marcado por el aumento sostenido de la demanda eléctrica y la urgencia por transitar hacia un modelo energético más limpio, equitativo y sustentable. Frente a esta realidad, se propone el desarrollo de ConectaSol, una empresa de servicios solares colaborativos orientada a facilitar el acceso comunitario a sistemas fotovoltaicos. Su modelo incluye asesoría técnica, venta de equipos certificados, instalación profesional, gestión de financiamiento y soporte postventa. Como elemento innovador, se incorpora una aplicación para los teléfonos que permitirá al cliente monitorear su consumo, compartir los beneficios de forma equitativa y fomentar una gestión energética transparente y participativa.

En este contexto, se identifica como problema central que las comunidades residenciales de la Región de Valparaíso enfrentan serias limitaciones para acceder a soluciones solares fotovoltaicas, debido al alto costo de inversión inicial, la falta de información técnica y confiable y la ausencia de modelos de negocio inclusivos que faciliten la implementación comunitaria. Esta situación genera una brecha de equidad energética, donde los beneficios de la energía solar, como reducción de costos, menor dependencia del Sistema Eléctrico Nacional y contribución de la sostenibilidad. Como consecuencia, a pesar del alto potencial solar de la región y de un marco normativo favorable, muchas comunidades organizadas no logran materializar proyectos de energía renovable, perpetuando su dependencia del sistema eléctrico convencional, con costos elevados y mayor vulnerabilidad energética.

1.1.1. Antecedentes generales y específicos

El presente proyecto se enmarca en una tendencia nacional de impulso a las energías renovables, reforzada por compromisos internacionales como el Acuerdo de París. A pesar del

entorno normativo favorable y del gran potencial solar de Chile, persisten barreras de acceso en sectores residenciales, relacionadas con el costo de inversión inicial, la falta de información técnica y la inexistencia de modelos adaptados a comunidades organizadas.

La región de Valparaíso ha sido identificada como un territorio apto para el desarrollo de generación distribuida, tanto por su potencial técnico como por su tejido social comunitario. Sin embargo, muchas de estas comunidades carecen de apoyo especializado para concretar iniciativas colectivas de energía renovable.

1.1.2. Objetivo general

Crear una empresa de servicios solares colaborativos en la Región de Valparaíso, que integre la venta e instalación de paneles solares y el desarrollo de una aplicación para gestión energética comunitaria.

1.1.3. Objetivos específicos

- Diagnosticar el contexto energético, normativo y social de la Región de Valparaíso, identificando barreras y oportunidades para soluciones solares comunitarias.
- Definir y evaluar distintos modelos de negocio viables para ConectaSol, considerando una venta directa, servicios energéticos (ESCO) y propiedad cooperativa.
- Diseñar un kit comercial estándar que incluya tecnología, servicios y soporte postventa para facilitar la adaptación comunitaria.
- Evaluar los costos de inversión y oportunidades regulatorias junto con la viabilidad del proyecto en distintos escenarios.
- Analizar la demanda potencial de sistemas fotovoltaicos en comunidades organizadas de la Región de Valparaíso, identificando perfiles de usuarios, disposición a pagar y nivel de interés en modelos colaborativos.
- Evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales esperados del proyecto, considerando tanto los beneficios directos para las comunidades como los efectos en el territorio.

1.1.4. Estudio de demanda

El estudio de demanda de ConectaSol se orienta a comunidades residenciales organizadas de la Región de Valparaíso, tales como condominios, juntas de vecinos y conjuntos residenciales. Para

efectos del presente estudio de prefactibilidad, el segmento objetivo corresponde a agrupaciones de viviendas que puedan implementar sistemas solares fotovoltaicos mediante un modelo de contratación y gestión coordinada. Para desarrollar la estimación de la demanda, se distingue entre el número de viviendas potencialmente beneficiarias y el número de comunidades o proyectos que estos representan. Esta diferenciación resulta necesaria para evitar confusiones entre el tamaño del mercado residencial y la cantidad de proyectos que eventualmente podría atender ConectaSol.

Para estimar el mercado potencial se considera como base un universo aproximado de 701.072 hogares en la Región de Valparaíso. A partir de este universo, y debido a que no se dispone de información específica que determine la proporción exacta de viviendas pertenecientes a comunidades compatibles con el modelo propuesto, se establece para efectos del estudio de prefactibilidad un escenario base equivalente al 15% del total regional. Este porcentaje corresponde a un supuesto metodológico utilizado para dimensionar preliminarmente el mercado y no debe interpretarse como una proporción observada de manera directa en la Región.

El número de viviendas potencialmente compatibles con el servicio se determina mediante la siguiente expresión:

$$Hc = H \times Pc$$

Donde:

Hc = número de hogares compatibles con el segmento objetivo

H = número total de hogares censados en la Región de Valparaíso

Pc = proporción de hogares compatibles adoptada para el escenario de análisis

Al reemplazar:

$$Hc = 701.072 \times 0.15 = 105.161 \text{ hogares.}$$

Por lo tanto, bajo el escenario base adoptado, se obtiene un mercado preliminar de 105.161 hogares potencialmente compatibles con las características del segmento objetivo de ConectaSol.

Posteriormente, a partir de los 105.161 hogares potencialmente compatibles con el segmento objetivo, se establece un escenario base de adopción equivalente al 25%. Este porcentaje corresponde a un supuesto metodológico utilizado para efectos del estudio de prefactibilidad y no representa una medición directa de la disposición de los hogares a contratar el servicio. La aplicación de este porcentaje permite estimar la demanda potencial considerada para el análisis, mediante la siguiente expresión:

$$Dp = Hc \times Pa$$

Donde:

D_p = demanda potencial expresada en número de hogares

H_c = número de hogares potencialmente compatibles con el segmento objetivo

P_a = porcentaje de adopción considerado en el escenario base.

Al reemplazar:

$$D_p = 105.161 \times 0.25 = 26.290 \text{ hogares}$$

Por lo tanto, bajo el escenario base de adopción establecido, la demanda potencial estimada para ConectaSol corresponde a aproximadamente 26.290 hogares.

Considerando que el modelo de ConectaSol se orienta a comunidades residenciales organizadas, resulta necesario expresar la demanda potencial no solo en número de hogares, sino también en cantidad estimada de comunidades. Para efectos del presente estudio, se considera como supuesto de dimensionamiento que cada comunidad agrupa entre 40 y 60 viviendas. El número estimado de comunidades se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_c = D_p / V_c$$

Donde:

N_c = número estimado de comunidades o proyectos.

D_p = demanda potencial expresada en número de hogares.

V_c = número de viviendas consideradas por comunidad.

Para comunidades de 60 viviendas:

$$N_c = \frac{26.290}{60} = 438 \text{ comunidades.}$$

Para comunidades de 40 viviendas:

$$N_c = \frac{26.290}{40} = 657 \text{ comunidades.}$$

Por lo tanto, bajo los supuestos establecidos, la demanda potencial de 26.290 hogares representa aproximadamente entre 438 y 657 comunidades o proyectos, dependiendo del número de viviendas que integre cada agrupación.

1.1.5. Antecedentes cualitativos

El desarrollo de las energías renovables en Chile ha experimentado un avance significativo, impulsado por políticas públicas, incentivos económicos y una creciente conciencia social respecto a los efectos del cambio climático. Sin embargo, a pesar del potencial solar del país y de los avances tecnológicos disponibles, el acceso a las soluciones energéticas limpias sigue siendo desigual, especialmente en los sectores residenciales y comunidades de ingresos medios a bajos. Esto evidencia una brecha estructural en la distribución de las tecnologías sostenibles, que limita su alcance en contextos comunitarios y rurales.

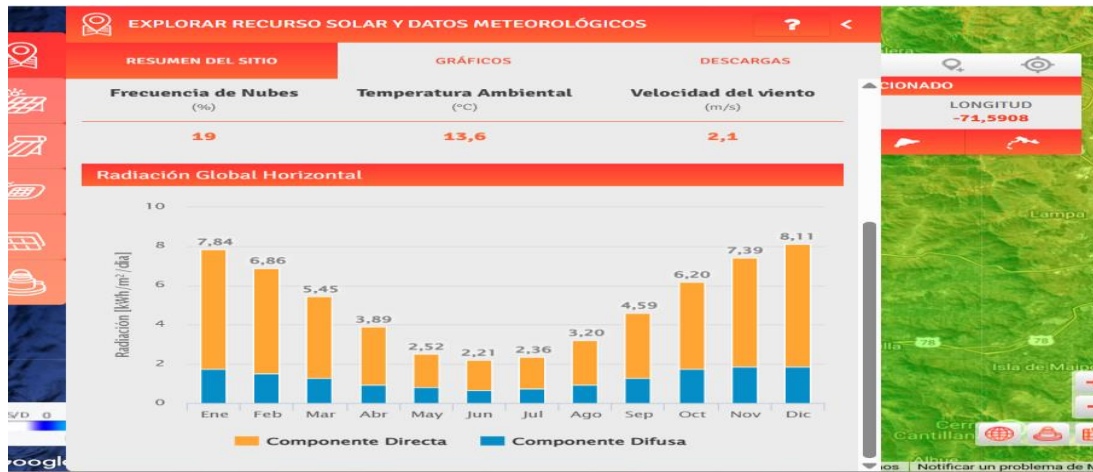
Diversas investigaciones han demostrado que la participación de la comunidad en proyectos energéticos no sólo mejora la aceptación social de las tecnologías, sino que también fortalece el sentido de pertenencia, la equidad de toma de decisiones y el empoderamiento ciudadano. En este sentido, el enfoque de comunidades colaborativas para la generación distribuida de energía se presenta como una alternativa viable y socialmente inclusiva frente al modelo centralizado tradicional.

1.1.6. Consideraciones generales

La presente investigación se desarrolla en el contexto de la transición energética nacional, impulsada por el compromiso de Chile con la descarbonización y la meta de alcanzar el carbono neutralidad hacia los próximos años. Últimamente la energía solar fotovoltaica se ha posicionado como una de las fuentes renovables más competitivas y con mayor potencial de desarrollo en el país, debido a la abundancia de la radiación solar y el avance normativo que permite la autogeneración e inyección de excedentes a la red.

La Región de Valparaíso, además de contar con condiciones favorables de radiación presenta un tejido social caracterizado por comunidades que buscan soluciones colectivas para enfrentar el alza de los costos energéticos y la vulnerabilidad frente al sistema eléctrico convencional. Esta realidad abre oportunidades para el desarrollo de modelos de negocios inclusivos y sostenibles que permitan democratizar el acceso a tecnologías limpias.

Se realizó un análisis de la radiación solar en la Región de Valparaíso, se muestran los datos obtenidos desde la página “Explorador Solar del Ministerio de Energía de Chile” para un punto de coordenadas aproximadas de latitud -33,0° y longitud -71,59°, correspondiente a la zona central.



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2023), plataforma Explorador Solar.

Figura 1-1. Radiación global horizontal mensual en la Región de Valparaíso.

Como se observa en la Figura 1-1, la radiación global horizontal representa la energía solar total recibida por una superficie horizontal e incluye tanto la radiación directa del sol como la radiación difusa dispersada por la atmósfera. Este indicador es fundamental para dimensionar el potencial de generación de un sistema fotovoltaico.

De acuerdo con los resultados presentados, los valores más altos de radiación se registran durante los meses de diciembre (8,11 kWh/m²/día) y enero (7,84 kWh/m²/día), coincidiendo con el periodo estival, cuando la radiación solar es más intensa. Por el contrario, los valores más bajos se observan en los meses de junio (2,21 kWh/m²/día) y julio (2,36 kWh/m²/día), correspondientes al invierno.

El promedio anual de radiación solar en la Región de Valparaíso alcanza aproximadamente 5,0 kWh/m²/día, lo que posiciona a la región con un alto potencial solar para la generación fotovoltaica residencial. En términos comparativos, este nivel de radiación es similar o superior al de diversas ciudades europeas, lo que reafirma la viabilidad técnica de proyectos solares en la región.

Adicionalmente, el bajo promedio de nubosidad (19%) y la velocidad del viento moderada (2,1 m/s) contribuyen a un buen rendimiento del sistema. En consecuencia, se concluye que la Región de Valparaíso presenta condiciones óptimas para la instalación de sistemas fotovoltaicos, con un rendimiento estimado cercano al 75%.

1.1.7. Contexto de desarrollo del proyecto

El desarrollo de ConectaSol se enmarca en el contexto nacional de transición energética, impulsado por la descarbonización y la búsqueda de equidad territorial. La Región de Valparaíso presenta condiciones favorables para la generación distribuida y un fuerte tejido social comunitario, lo que la convierte en un territorio propicio para la implementación de soluciones solares colaborativas.

ConectaSol propone un modelo de negocio basado en servicios energéticos (ESCO), que articula asesoría técnica, instalación profesional y acompañamiento comunitario. La incorporación de una aplicación digital fortalecerá la autogestión y la participación de los usuarios en la gestión energética.

1.1.8. Tamaño del proyecto

En su fase inicial, ConectaSol se plantea como una intervención piloto a nivel local focalizándose en comunidades residenciales de la Región de Valparaíso, particularmente en zonas urbanas y semirrurales y niveles medios de vulnerabilidad energética. El proyecto contempla beneficiar entre 50 y 100 viviendas agrupadas en al menos tres comunidades organizadas, mediante sistemas fotovoltaicos domiciliarios conectados a la red, bajo el marco de la ley 21.118 sobre generación distribuida.

Según datos del Ministerio de Energía de Chile, en el año 2025 el consumo promedio residencial mensual en una vivienda chilena es aproximadamente 290 kWh. En base a ello, se estima que cada instalación fotovoltaica deberá tener una capacidad de generación aproximadamente de 3,5 kWp, lo que permitirá cubrir entre el 80% y el 100% del consumo mensual, dependiendo de la orientación, la radiación local y los hábitos de uso. Esto implica una capacidad total instalada para la fase piloto de entre 175 y 350 kWp.

Para determinar la potencia fotovoltaica requerida por vivienda se considera un consumo residencial promedio de 290 kWh/mes, una radiación solar promedio de 4,5 kWh/m²/día y un factor de rendimiento global del sistema de 0,75. La radiación solar se expresa como energía solar diaria disponible por unidad de superficie y no corresponde a horas literales de funcionamiento del sistema. Para efectos del dimensionamiento mensual, se considera:

$$\text{Energía solar equivalente mensual} = 4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{día} \times 30 \text{ días} = 135 \text{ kWh/m}^2/\text{mes}$$

Por lo tanto, la potencia fotovoltaica requerida se estima mediante:

Potencia requerida = Consumo mensual / (Radiación diaria × días del mes × factor de rendimiento)

$$Potencia\ requerida = 290 / (4,5 \times 30 \times 0,75) = 2.86\ kWp$$

El resultado representa la potencia teórica necesaria para producir una cantidad de energía equivalente al consumo mensual promedio bajo las condiciones de radiación y rendimiento adoptadas.

Para el diseño comercial de ConectaSol se selecciona una potencia estándar de 3,5 kWp por vivienda. Esta selección incorpora un margen aproximado de 22,2 % respecto de la potencia teórica calculada:

$$Margen = [(3,5 / 2,86) - 1] \times 100 = 22,2\ \%$$

El margen se incorpora para compensar variaciones asociadas a orientación e inclinación de los módulos, temperatura, pérdidas eléctricas, suciedad, degradación de los paneles, variaciones del recurso solar y diferencias en los patrones de consumo de cada vivienda.

En consecuencia, se adopta 3,5 kWp como potencia nominal estándar de diseño por vivienda, mientras que el dimensionamiento definitivo de cada instalación deberá ajustarse según las características particulares de la vivienda y las condiciones del sitio.

El factor de rendimiento de 0,75 representa las pérdidas globales esperadas del sistema, incluyendo pérdidas por temperatura, inversor, cableado, suciedad, orientación, inclinación y otras pérdidas operacionales. Por lo tanto, no se considera que el 100 % de la radiación solar disponible se transforme en energía eléctrica útil.

1.1.9. **Impactos**

El proyecto ConectaSol busca generar impactos multidimensionales, abordando no sólo beneficios energéticos, sino también aspectos sociales, económicos y ambientales en comunidades residenciales de la Región de Valparaíso. Su diseño colaborativo y enfoque en la generación distribuida permiten proyectar impactos potenciales en el corto y mediano plazo.

- a) **Impacto ambiental:** La implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye directamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), al sustituir el consumo de electricidad de origen fósil por energía solar limpia. Se estima que una instalación doméstica de 3,5 kWp puede generar aproximadamente 4.500 kWh al año, lo que equivale a evitar alrededor de 1,5 toneladas de CO₂ anuales por vivienda, según factores de emisión promedio del sistema eléctrico chileno. (**Ministerio del Medio Ambiente, 2022**). En su etapa piloto, ConectaSol podría evitar entre 75 y 150 toneladas de CO₂ al año.

Asimismo, la disminución de la demanda energética centralizada ayuda a reducir la presión sobre la infraestructura de transmisión y distribución, disminuyendo las pérdidas energéticas asociadas al transporte de electricidad.

- b) Impacto social: Se fomenta la participación de las comunidades en la planificación y gestión energética, fortaleciendo la organización local y el empoderamiento ciudadano. El acceso a energía limpia mejora la calidad de vida y promueve hábitos de consumo responsable. El componente formativo del proyecto apunta a construir capacidades duraderas en las comunidades participantes.
- c) Impacto económico: A nivel microeconómico, las familias beneficiadas experimentarán una disminución significativa en sus cuentas de electricidad, cuyo nivel de ahorro dependerá de la generación del sistema fotovoltaico y del consumo de cada hogar. A largo plazo, estos ahorros mejoran la capacidad económica de las familias y fortalecen su autonomía energética. Desde la perspectiva macroeconómica local, el proyecto genera empleo en áreas como instalación, mantenimiento, capacitación y desarrollo de software, lo que dinamiza la economía regional y crea capacidades técnicas.
- d) Impacto tecnológico y de innovación: ConectaSol introduce una dimensión digital mediante una aplicación que permitirá a los usuarios monitorear su generación y consumo energético en tiempo real, fomentando hábitos responsables y transparentes. Esta solución tecnológica busca facilitar el acceso a información sobre el desempeño del sistema fotovoltaico y apoyar la gestión energética de los usuarios.

1.1.10. Estudio de mercado

El mercado objetivo de ConectaSol se compone de comunidades residenciales organizadas en la Región de Valparaíso, incluyendo juntas de vecinos, condominios, cooperativas habitacionales y conjuntos residenciales de nivel socioeconómico medio, que presentan altos costos eléctricos y una limitada capacidad de inversión individual en energía solar. A nivel nacional, la demanda por soluciones fotovoltaicas ha experimentado un crecimiento sostenido, superando los 150.000 sistemas residenciales inscritos bajo la Ley 20.571 y alcanzando una capacidad instalada de más de 650 MW, aunque en la Región de Valparaíso la implementación se ha concentrado principalmente en hogares que financian sistemas individuales de entre \$4.500.000 y \$6.000.000 para potencias de 3 a 5 kWp, lo que puede limitar el acceso de comunidades organizadas debido a barreras económicas, técnicas y de coordinación. Bajo este escenario, ConectaSol se proyecta como una alternativa accesible mediante un modelo ESCO, orientada inicialmente a beneficiar entre 50 y 100 viviendas agrupadas

en al menos tres comunidades organizadas, con potencial de expansión durante los primeros cinco años de operación.

La competencia se estructura en tres niveles, en empresas nacionales consolidadas como Enel, Suncast, Andes Solar y Greenergy, que cuentan con infraestructura, certificaciones SEC y economías de escala que les permiten ofrecer precios competitivos; en segundo lugar existen pymes regionales en competencia como Energía Solar Valpo, Solartech Chile, EcoVolt y Fotón Solar, caracterizadas por su cercanía con el cliente pero limitadas en financiamiento, capacidad técnica avanzada y servicios postventa. Por último, existen programas públicos como Techos Solares Públicos o iniciativas municipales, cuyo alcance es acotado y no cubre directamente proyectos comunitarios privados.

En este contexto competitivo, ConectaSol se diferencia al ofrecer una solución completa específicamente diseñada para comunidades, integrando financiamiento, instalación, monitoreo digital y gestión colaborativa, lo que permite atender un segmento con demanda insatisfecha y con una potencial de expansión significativo en la región.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO TÉCNICO

2. ESTUDIO TÉCNICO

El presente capítulo desarrolla el Estudio Técnico del proyecto ConectaSol cuyo propósito es evaluar la factibilidad operativa y tecnológica de implementar un sistema solar colaborativo para comunidades residenciales en la Región de Valparaíso. Para ello, se analizan las condiciones solares, los requerimientos de diseño e instalación de los sistemas fotovoltaicos, la infraestructura eléctrica necesaria, la selección de equipos y proveedores, y los criterios de seguridad y normativa vigente. Este análisis permite determinar si el proyecto es técnicamente factible y ofrece las bases para su correcta implementación y posterior escalabilidad.

2.1. Diagnóstico energético y caracterización de la situación base

El presente apartado establece la línea base técnica y operacional de los consumos energéticos en las comunidades residenciales de la Región de Valparaíso consideradas para el proyecto ConectaSol. El objetivo de esta caracterización es diagnosticar las condiciones actuales de suministro y comportamiento de la demanda eléctrica, permitiendo evaluar de forma comparativa las mejoras técnicas, eficiencias energéticas y el impacto de la integración de la tecnología fotovoltaica comunitaria.

2.1.1. Situación base sin proyecto

En ausencia del proyecto ConectaSol, las comunidades residenciales de la Región de Valparaíso continúan dependiendo casi exclusivamente del Sistema Eléctrico Nacional, cuya energía se genera en gran parte mediante fósiles contribuyendo así a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y al cambio climático. Esta dependencia no solo tiene consecuencias ambientales, sino también económicas para las familias, que enfrentan costos crecientes en sus cuentas de electricidad debido a la volatilidad del mercado energético y a la ausencia de control sobre su consumo.

En esta situación base, las consecuencias más probables incluyen:

- Continuidad de la vulnerabilidad energética
- Pérdida de oportunidades para el ahorro energético
- Menor incorporación de soluciones tecnológicas para la gestión y monitoreo energético comunitario.

2.1.2. Situación base con proyecto

La implementación de ConectaSol modifica la situación energética de las comunidades residenciales mediante la incorporación de sistemas fotovoltaicos individuales conectados a la red eléctrica de cada vivienda. El carácter comunitario del proyecto se encuentra principalmente en la organización de los beneficiarios, la contratación de servicios, la gestión del financiamiento, la capacitación y el monitoreo conjunto mediante la aplicación ConectaSol.

Cada vivienda participante contará con un sistema fotovoltaico de potencia estándar de aproximadamente 3,5 kWp, dimensionado a partir de un consumo promedio de 290 kWh/mes. De esta forma, para una comunidad de entre 40 y 60 viviendas, la capacidad instalada aproximada se encontrará entre 140 y 210 kWp.

Para la fase piloto, considerando entre 50 y 100 viviendas, la capacidad total instalada se encontrará entre:

$$50 \text{ viviendas} \times 3,5 \text{ kWp} = 175 \text{ kWp}$$

$$100 \text{ viviendas} \times 3,5 \text{ kWp} = 350 \text{ kWp}$$

Por lo tanto, la capacidad total estimada de la fase piloto será de **175 a 350 kWp**, dependiendo del número definitivo de viviendas incorporadas. Cada sistema estará compuesto, de manera conceptual, por módulos fotovoltaicos, inversor conectado a red, estructura de montaje, cableado de corriente continua y alterna, protecciones eléctricas, sistema de medición bidireccional y conexión al tablero eléctrico de la vivienda. El sistema operará conectado a la red de distribución, permitiendo que la energía generada sea utilizada por la vivienda y que los excedentes puedan ser gestionados conforme al esquema de Netbilling y a las condiciones técnicas y regulatorias aplicables.

La instalación tendrá una duración estimada de **5 a 7 días por comunidad**, considerando las actividades de montaje, conexión, pruebas, puesta en marcha y coordinación de las instalaciones individuales. Este plazo podrá variar según el número de viviendas, condiciones de las cubiertas, disponibilidad de equipos y procesos de conexión y certificación. La solución propuesta busca disminuir el consumo de energía proveniente de la red, reducir el gasto eléctrico de los usuarios y facilitar el acceso a generación fotovoltaica mediante el modelo ESCO, sin requerir que cada vivienda realice individualmente la gestión técnica, administrativa y financiera del proyecto.

2.1.3. Parámetros técnicos de diseño del sistema

Para el desarrollo del estudio técnico del proyecto ConectaSol, se definen parámetros técnicos de diseño que permiten dimensionar y evaluar la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos comunitarios propuestos. Estos parámetros se utilizan como referencia para estimar el desempeño técnico esperado de las instalaciones, considerando las condiciones propias del contexto residencial organizado.

Entre los principales parámetros técnicos se considera el número estimado de viviendas por comunidad, el cual para efectos del diseño se proyecta en un rango de 40 a 60 viviendas, permitiendo definir configuraciones estándar de sistemas fotovoltaicos individuales por vivienda. Asimismo, se contempla una capacidad instalada total por comunidad estimada entre 140 y 210 kWp, considerando una potencia estándar de 3,5 kWp por vivienda. Adicionalmente, se consideran tiempos referenciales de instalación de los sistemas fotovoltaicos, estimados entre 5 y 7 días por comunidad, los cuales permiten evaluar la factibilidad operativa del proceso de montaje desde una perspectiva técnica, considerando recursos humanos, equipos y logística requerida.

2.1.4. Criterios técnicos de evaluación del sistema fotovoltaico

La evaluación técnica de los sistemas fotovoltaicos propuestos para las comunidades en el proyecto ConectaSol se orienta a verificar su desempeño energético, su adecuación a las condiciones locales y su compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente. Estos criterios permiten determinar la factibilidad técnica del diseño propuesto en el marco del estudio de prefactibilidad.

En primer lugar, se considera el desempeño energético del sistema, evaluado a través de la estimación de la producción anual de energía eléctrica (kWh/año), el factor de rendimiento del sistema (Performance Ratio) y las pérdidas asociadas a conversión, temperatura, orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos. En segundo lugar, se evalúa la adecuación del sistema a las condiciones del sitio, considerando la disponibilidad del recurso solar, la presencia de sombras, la temperatura ambiente promedio y las condiciones climáticas de la Región de Valparaíso, variables que influyen directamente en el rendimiento de los módulos fotovoltaicos.

Finalmente, se analiza la compatibilidad eléctrica y normativa del sistema, considerando su conexión a la red eléctrica de baja tensión, la selección de inversores, sistemas de protección y el cumplimiento de la normativa chilena vigente para generación distribuida y esquemas de Netbilling. Estos criterios permiten asegurar un funcionamiento seguro, confiable y técnicamente viable del sistema fotovoltaico propuesto.

2.1.5. Supuestos técnicos de diseño del sistema fotovoltaico

Para el desarrollo del estudio técnico del proyecto ConectaSol se establecen una serie de supuestos técnicos que permiten definir las condiciones base para el diseño y dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos propuestos para las viviendas participantes. Estos supuestos no corresponden a proyecciones de mercado ni a criterios de gestión del proyecto, sino que se utilizan exclusivamente como marco de referencia para la modelación técnica y la estimación del desempeño energético esperado de las instalaciones.

En este sentido, el análisis considera como condición base la disponibilidad del recurso solar característico de la Región de Valparaíso, utilizando valores promedio anuales de radiación global horizontal obtenidos a partir de fuentes oficiales. Dichos valores permiten estimar la producción energética del sistema bajo condiciones representativas del territorio, sin incorporar escenarios optimistas ni extraordinarios. Asimismo, se asume que los sistemas fotovoltaicos serán instalados sobre cubiertas de edificaciones residenciales comunitarias que presentan condiciones adecuadas de orientación e inclinación, así como niveles de sombreado reducidos, compatibles con un funcionamiento eficiente del sistema. Estas condiciones permiten aplicar configuraciones estándar de diseño y reducen las pérdidas asociadas a factores geométricos y ambientales.

El estudio técnico considera además la utilización de módulos fotovoltaicos e inversores disponibles en el mercado nacional, seleccionados en función de su eficiencia, confiabilidad y cumplimiento de la normativa técnica vigente para sistemas de generación distribuida. La elección de estos equipos se realiza bajo criterios de factibilidad técnica y disponibilidad comercial, sin asumir tecnologías experimentales ni soluciones no probadas. Se supone la conexión de los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica de baja tensión existente, operando bajo el esquema de generación distribuida establecido en la normativa chilena, lo que permite la inyección de excedentes de energía y asegura una operación segura y compatible con la infraestructura eléctrica residencial. En conjunto, estos supuestos técnicos permiten desarrollar un análisis coherente y realista del desempeño esperado de los sistemas fotovoltaicos comunitarios propuestos.

2.1.6. Alcances y limitaciones del proyecto

Los alcances que se describen a continuación definen el marco de acción del estudio, precisando datos actuales.

- El estudio se centra en la prefactibilidad técnica y económica de una empresa de servicios solares colaborativos para comunidades organizadas en la Región de Valparaíso.

- Incluir el diseño conceptual de una aplicación móvil para la gestión de energía.

Limitaciones:

- El análisis no contempla la ejecución práctica del proyecto, sólo su viabilidad preliminar.
- La aplicación móvil se presenta en formato prototipo, sin desarrollo funcional.
- Los resultados son específicos para la Región de Valparaíso, por lo que no necesariamente aplican a otras zonas sin ajustes.
- Los datos económicos y técnicos se basan en condiciones actuales del mercado, sujetos a cambios futuros.

2.1.7. Marco normativo

Este marco define los elementos legales que sustentan el desarrollo del proyecto ConectaSol.

Aspectos normativos:

El marco normativo del proyecto ConectaSol se sustenta en la legislación chilena vigente que regula la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, estableciendo las condiciones técnicas y legales para la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión. Este marco proporciona la base regulatoria que permite evaluar la viabilidad técnica del modelo propuesto en el presente estudio.

En este contexto, la Ley N° 20.571, que regula la generación distribuida para el autoconsumo mediante el mecanismo de Netbilling, establece el derecho de los usuarios finales a generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales e inyectar los excedentes a la red de distribución. Esta normativa define los requisitos técnicos de conexión, medición, seguridad y operación de los sistemas fotovoltaicos, asegurando su compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente.

Adicionalmente, la normativa técnica emitida por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) regula los estándares de diseño, instalación y certificación de los equipos eléctricos asociados a sistemas fotovoltaicos, incluyendo módulos, inversores, protecciones y sistemas de medición. El cumplimiento de estos requisitos es fundamental para garantizar la operación segura y confiable de las instalaciones en entornos residenciales comunitarios.

Desde una perspectiva de planificación energética, las estrategias nacionales de energía y los lineamientos de transición energética promueven el desarrollo de la generación distribuida y el uso de energías renovables a nivel local, creando un entorno regulatorio favorable para la implementación

de sistemas fotovoltaicos residenciales y comunitarios. No obstante, el diseño técnico del proyecto se desarrolla considerando exclusivamente la normativa vigente, sin asumir modificaciones regulatorias futuras.

2.1.8. Modelo de negocio

Para la implementación inicial de ConectaSol, se propone adoptar el modelo de negocio ESCO (Empresa de Servicios Energéticos), por ser el más adecuado al contexto técnico, financiero y social de las comunidades colaborativas en la Región de Valparaíso

El modelo ESCO consiste en que una empresa desarrolla, financia, instala y mantiene soluciones energéticas eficientes (como los sistemas solares fotovoltaicos), sin que el cliente realice un pago inicial. La inversión es recuperada por la empresa a través de pagos periódicos realizados por el cliente, los cuales se sustentan en los ahorros generados por la reducción de consumo eléctrico. El riesgo técnico y económico del proyecto recae principalmente en la ESCO.

ConectaSol como empresa de servicios solares colaborativos funcionará como una ESCO especializada en comunidades organizadas. Su propuesta se basa en ofrecer un servicio integral de energía solar que incluye:

- Diagnóstico energético gratuito para la comunidad.
- Diseño e instalación profesional de sistemas solares fotovoltaicos
- Gestión de permisos y tramitación normativa (SEC, Netbiling)
- Acceso gratuito a la aplicación móvil
- Mantenimiento y soporte técnico durante la vigencia del contrato.

La comunidad beneficiada no realiza una inversión inicial, sino que firma un contrato de prestación de servicios con ConectaSol. Durante un período contractual estimado a 20 años, la comunidad paga una tarifa mensual, permitiendo a ConectaSol recuperar la inversión realizada durante la vigencia del contrato.

Kit de venta para el mercado:

En el contexto de comunidades colaborativas, es habitual que las viviendas no sean homogéneas. Existen diferencias en tamaño, número de habitantes, electrodomésticos utilizados y

hábitos de consumo. Frente a esta realidad, el proyecto ConectaSol plantea un enfoque modular y flexible en su propuesta de venta e instalación del kit fotovoltaico.

1.- Kit base estándar: Se define un sistema tipo pensado en cubrir un consumo promedio de 3,5 kWp por vivienda, equivalente a una instalación de aproximadamente 3,5 a 4 kWp, el cual es adecuado para la mayoría de los hogares. Este kit cuyo presupuesto estimado es de \$4.200.000 que incluye:

- Equipamiento técnico:
 - Paneles solares fotovoltaicos certificados (Mínimo 200kW por hogar)
 - Inversores híbridos o conectados a red
- Servicios incluidos:
 - Visita técnica y diagnóstico personalizado
 - Tramitación normativa (SEC, conexión a red).
 - Instalación profesional.
 - Capacitación comunitaria básica sobre uso y ahorro energético.
- Soporte técnico:
 - Acceso a la aplicación para monitorear la energía compartida.
 - Alertas de consumo, ahorro estimado y desempeño del sistema.
 - Reportes mensuales para la comunidad.

El kit corresponde a la solución estándar ofrecida por ConectaSol para cada vivienda participante. Considera una configuración de 7 paneles fotovoltaicos de 550 Wp cada uno, alcanzando una potencia instalada aproximada de 3,85 kWp por vivienda, cercana a la potencia de diseño estimada para el proyecto.

Tabla 2-1. Desglose de costos del kit fotovoltaico estándar propuesto por ConectaSol

Elemento	Cantidad Aprox.	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Paneles solares	7	350.000	2.450.000
Inversor string	1	600.000	600.000
Estructura de montaje	1 set	250.000	250.000
Cableado, protecciones, conectores	—	—	150.000
Medidor bidireccional (Netbilling)	1	200.000	200.000

Continuación Tabla 2-1

Instalación profesional certificada	—	—	400.000
Tramitación y permisos SEC	—	—	150.000
Total estimado por Vivienda			4.200.000

Fuente: “Elaboración propia con datos de mercado (Ministerio de Energía, 2024; CORFO, 2024; Proveedores fotovoltaicos nacionales)”

El presupuesto necesario para la adecuación e instalación del sistema en cada solución residencial contempla tanto el suministro de hardware (como el medidor bidireccional bajo la ley de Netbilling) como las labores operativas de montaje profesional y la tramitación legal ante los organismos competentes. El desglose detallado de los ítems de inversión por inmueble se sintetiza en la Tabla 2-1

2.- Ajuste según requerimientos del hogar: En viviendas con mayor superficie o mayor consumo energético, se contempla la posibilidad de ampliar la capacidad del sistema (más paneles o inversores de mayor potencia).

El modelo de negocio adaptado por ConectaSol se basa en el esquema ESCO (Empresa de Servicios Eléctricos), el cual permite eliminar la barrera de la inversión inicial por parte de las comunidades beneficiadas. Bajo este enfoque, la empresa asume los costos totales del proyecto.

El costo estimado por vivienda es de aproximadamente \$4.200.000, correspondiente al kit estándar definido para una instalación fotovoltaica de aproximadamente 3,85 kWp.

ConectaSol por su parte recupera la inversión a lo largo del periodo contractual, establecido para efectos del presente estudio en 20 años.

2.1.9. Plan de implementación de la fase piloto

El proyecto ConectaSol se plantea en su fase inicial como una intervención piloto a nivel local en la Región de Valparaíso. El objetivo es beneficiar entre 50 y 100 viviendas agrupadas en al menos

tres comunidades organizadas. A continuación, se presenta un plan de implementación en etapas que integra los elementos mencionados en la investigación.

Etapas I: Preparación (30-60 días):

Se identifica y se contacta con al menos tres comunidades residenciales organizadas ya sea juntas de vecinos, condominios, cooperativas que muestren interés en adoptar soluciones sustentables y que cumplan con los criterios técnicos y económicos establecidos para el proyecto. Este periodo es fundamental para sentar las bases logísticas y financieras del proyecto.

Los criterios económicos que se establecen para poder optar a este servicio son:

- Gasto energético: hogares que presentan un gasto mensual de electricidad que permita evaluar la conveniencia económica de incorporar un sistema fotovoltaico.
- Perfil de consumo: hogares cuyo nivel y comportamiento de consumo eléctrico sean compatibles con el dimensionamiento y aprovechamiento del sistema fotovoltaico propuesto.

Etapas II: Implementación y desarrollo (90 días):

Se extenderá del tercer al sexto mes. Durante este tiempo, se iniciarán las instalaciones fotovoltaicas en la primera comunidad seleccionada, con el objetivo de finalizar el trabajo en un plazo de siete días por comunidad. De manera simultánea, se desarrollará el diseño conceptual del prototipo de la aplicación móvil, como componente de apoyo para la gestión y monitoreo energético.

Etapas III: Monitoreo y evaluación:

Comenzará a partir del séptimo mes y se mantendrá de forma continua. En esta fase, se realizará el seguimiento del desempeño de los sistemas fotovoltaicos y de los niveles de consumo energético de las viviendas participantes de consumo.

2.1.10. Aplicación ConectaSol

La aplicación ConectaSol constituye el eje tecnológico del proyecto y se plantea inicialmente como un prototipo destinado a integrar el componente digital dentro del modelo de gestión energética colaborativa. Su objetivo es proporcionar a las comunidades usuarias una plataforma digital interactiva que permita monitorear, administrar y optimizar el consumo y la generación eléctrica proveniente de los sistemas fotovoltaicos instalados.

Desde un enfoque técnico, la aplicación se concibe como herramienta móvil multiplataforma para dispositivos (Android e Ios), para su posterior desarrollo funcional se propone utilizar React Native, un framework de código abierto que permite desarrollar aplicaciones para ambas plataformas a partir de una misma base de código. La estructura propuesta contempla tres niveles funcionales principales:

- Módulo de usuario final
- Módulo comunitario
- Módulo de administración central de ConectaSol

La arquitectura de la aplicación ConectaSol se estructura bajo un modelo cliente-servidor en la nube, diseñado para garantizar la conectividad permanente entre los sistemas fotovoltaicos instalados, los usuarios residenciales y la plataforma de gestión central de la empresa. Esta configuración permitiría una comunicación continua y segura, asegurando que la información de generación y consumo energético sea procesada y visualizada en tiempo real.

En el nivel de usuario, la aplicación se diseñará para funcionar en dispositivos Android e Ios. La interfaz gráfica se desarrollará bajo principios de usabilidad y accesibilidad, empleando una paleta de colores neutros y elementos visuales simples que faciliten la lectura de indicadores energéticos, como generación, consumo, ahorro estimado y emisiones evitadas. La estructura visual buscará ser intuitiva, permitiendo que los usuarios puedan interpretar fácilmente los datos energéticos de su vivienda y de la comunidad. Este diseño busca facilitar la comprensión de la información energética y fomentar la participación de los usuarios en la gestión de su consumo.

En una futura implementación funcional, el procesamiento de los datos se realizaría mediante un servidor encargado de recibir, procesar y distribuir la información proveniente de los sistemas de medición instalados en cada vivienda. Para el desarrollo del servidor se propone utilizar Python y protocolos de comunicación compatibles con los equipos seleccionados. Asimismo, se contemplará la implementación de mecanismos de cifrado para proteger la transmisión de los datos personales y energéticos de los usuarios.

El almacenamiento de la información se gestionará en un entorno de base de datos en la nube, implementando sobre plataformas como Firebase Realtime Database, en este nivel se conservarán los registros de usuarios, de las comunidades, instalaciones, mediciones horarias de energía y eventos de mantenimiento. Cada medidor inteligente enviará datos cada cinco minutos, permitiendo construir un historial continuo y preciso del comportamiento energético de cada

hogar y del conjunto comunitario. Este sistema en la nube posibilita el acceso simultáneo a la información desde múltiples dispositivos y la generación automática de reportes energéticos y financieros.

El funcionamiento inicial de esta aplicación se complementa con una capa de comunicación entre los inversores solares y medidores IoT (Internet of Things), que envían los datos de producción y consumo a través de una pasarela digital hacia el servidor de ConectaSol. Esta integración convierte cada sistema fotovoltaico en una fuente de datos en tiempo real, lo que permite detectar fallas, optimizar la operación y verificar el cumplimiento del ahorro proyectado. Asimismo, el servidor central procesa la información y la distribuye hacia la aplicación móvil de cada usuario y hacia el panel de control de la empresa, donde se consolidan los datos de todas las comunidades adheridas.

2.1.11. Estudio ambiental

El proyecto ConectaSol presenta potenciales beneficios ambientales asociados a la incorporación de sistemas fotovoltaicos en comunidades de la Región de Valparaíso. Desde la perspectiva ambiental, la implementación de estos sistemas permite reducir las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de electricidad proveniente de la red, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (Acción por el clima).

Si bien la fabricación y disposición final de los paneles solares implica el uso de recursos y la generación de residuos, el proyecto contempla la selección de proveedores que cumplan con los estándares técnicos correspondientes y la consideración de alternativas de reciclaje y estrategias de economía circular para mitigar estos impactos.

2.1.12. Estudio logístico

El estudio logístico contempla la planificación, coordinación y optimización del flujo de materiales, equipos y recursos humanos necesarios para ejecutar la fase piloto de ConectaSol, considerando los tiempos, costos y parámetros técnicos definidos para el proyecto. Este estudio abarca la adquisición de los equipos y materiales correspondientes al kit fotovoltaico descrito en la

Tabla 2-1, el transporte desde los proveedores hasta los sitios de instalación, la gestión de inventarios y el almacenamiento temporal, así como la distribución y montaje de los sistemas en las comunidades participantes.

- Jefe de Proyecto (1): Dirección logística y técnica del piloto
- Contador (1): Encargado de las finanzas.
- Ingeniero eléctrico: Conexión, protecciones y normativa
- Técnicos Fotovoltaicos (2): Montaje de estructuras y cableado
- Encargado de comunidad (1): Coordinación social y capacitaciones
- Equipo TI/Desarrollador de APP (2): Desarrollo, despliegue y soporte digital

Tabla 2-2. Cadena logística general

Etapa	Descripción	Responsable	Equipo involucrado	Duración estimada
1. Planificación y compras	Definir las comunidades piloto, elaborar órdenes de compra, validar proveedores, tramitar permisos.	Jefe de Proyecto	Coordinador Logístico y Encargado de la comunidad	20-30 días
2. Diseño del prototipo de app	Requerimientos, arquitectura digital y experiencia de usuario	Jefe de proyecto	Equipo TI y Encargado de la comunidad	10-15 días
3. Desarrollo y pruebas de la APP	Desarrollo MVP, integración de datos y pruebas funcionales	Equipo TI	Coordinador Logístico y jefe de proyecto	30-60 días
4. Abastecimiento y transporte	Compra, importación y entrega de equipos	Coordinador Logístico	Coordinador Logístico	5-10 días
5. Almacenamiento y control de calidad	Inspección, almacenaje, registro y verificación del kit	Coordinador Logístico	Técnico FV	5-10 días

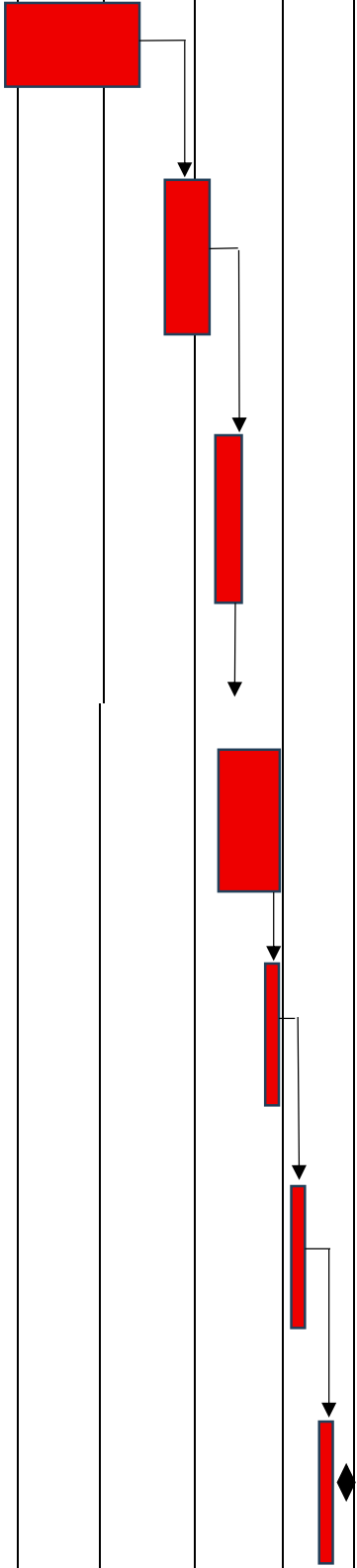
Continuación de Tabla 2-2

6. Instalación en comunidades	Montaje de paneles, cableado e integración técnica	Instalador SEC Clase D	Técnicos FV y ayudantes	7 días
7. Puesta en marcha	Ensayos, conexión Netbilling y validación en plataforma digital	Instalador SEC y Equipo TI	Jefe de proyecto	2-3 días
8. Capacitación y despliegue digital	Formación en APP y uso del sistema	Encargado de la comunidad	Equipo TI	2-3 días
9. Monitoreo y soporte	Seguimiento técnico y digital	Jefe de Proyecto	TI, logística y comunidad	30 días

Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 2-3. Cronograma Logístico (Carta Gantt)

Actividad	Inicio	Término	Duración (días)	Predcesora	Responsable	Recursos	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Planificación y selección de comunidades	01-03-27	30-03-27	30	-	Jefe de proyecto	1 JP + 1 EC						
Tramitación de permisos (SEC y municipalidades)	16-03-27	30-04-27	45	1	Jefe de proyecto / Ingeniero eléctrico	1 JP + 1E						
Diseño del prototipo de la aplicación	01-03-27	20-03-27	20	1	Equipo TI	2 TI						
Desarrollo y validación del prototipo	23-03-27	30-04-27	30	3	Equipo TI	2 TI						

Compra e importación de equipos	01-04-27	15-05-27	45	2	Jefe de proyecto	1 JP					
Transporte y recepción	18-05-27	29-05-2027	10	5	Jefe de proyecto	1 JP					
Almacenamiento y control de calidad	01-06-27	05-06-27	6	6	Jefe de proyecto / Técnicos FV	1 JP + 2TFV					
Instalación Comunidad 1	08-06-27	14-06-27	7	7	Equipo técnico	1 IE + 2 TFV					
Instalación Comunidad 2	15-06-27	21-06-27	7	8	Equipo técnico	1 IE + 2 TFV					
Instalación Comunidad 3	22-06-27	28-06-27	7	9	Equipo técnico	1 IE + 2 TFV					
Puesta en marcha de los sistemas	29-06-27	03-07-27	5	10	Ingeniero eléctrico	1 IE + 2 TFV					

Fuente: “Elaboración propia”

La programación de las actividades requeridas para la implementación de los sistemas fotovoltaicos en las viviendas exige un control riguroso de los tiempos de tramitación, adquisición de equipos y montaje técnico. Como se aprecia en la Tabla 2-3, se presenta la Carta Gantt detallada con la estimación en semanas/meses de cada una de las fases operativas y administrativas de la propuesta.

Riesgos logísticos:

La ejecución del piloto de ConectaSol puede enfrentar diversos riesgos logísticos asociados al abastecimiento, transporte, instalación, tramitación y adopción de las herramientas digitales propuestas. Entre los principales se encuentran posibles retrasos en la llegada de equipos debido a problemas de importación o disponibilidad de proveedores, observaciones o demoras durante los procesos de tramitación y conexión de los sistemas, dificultades técnicas durante la instalación y una eventual baja aceptación del prototipo de la aplicación por parte de los usuarios de las comunidades. Para mitigar estos riesgos, se plantean acciones preventivas como la consideración de proveedores alternativos, la contratación de seguros para el transporte de los equipos, la gestión anticipada de permisos y documentación técnica, la planificación de revisiones técnicas durante la instalación y la realización de instancias de capacitación y validación del prototipo con los usuarios.

2.1.13. Estudio administrativo

El estudio administrativo del proyecto ConectaSol tiene como propósito definir la organización, la estructura de gestión interna y los procesos administrativos necesarios para garantizar una operación eficiente, transparente y escalable del modelo de negocio basado en la implementación de sistemas fotovoltaicos bajo el enfoque ESCO. Desde una perspectiva empresarial, la administración permite coordinar los recursos humanos, financieros, tecnológicos y comunitarios, asegurando continuidad operativa, calidad del servicio y una experiencia positiva para los usuarios del piloto y de futuras comunidades adherentes. Administrativamente, ConectaSol se estructura como una organización compacta y funcional, compuesta por un equipo directivo responsable de la planificación estratégica y la coordinación global del proyecto; un área logística que gestiona el abastecimiento, almacenamiento y la ejecución técnica; un equipo administrativo-operativo encargado de la documentación contractual y normativa; un área tecnológica responsable del desarrollo, operación y soporte de la aplicación móvil ConectaSol; y una unidad de gestión comunitaria orientada a la comunicación, acompañamiento y capacitación de los beneficiarios. Esta estructura busca mantener una cadena de mando clara y trazable, que permita decisiones oportunas y una eficiente asignación de responsabilidades. La administración del modelo ESCO exige una gestión documental estricta, debido a que cada instalación requiere respaldos normativos, garantías, registros técnicos, protocolos SEC y acuerdos de servicio firmados por los usuarios. El flujo administrativo se inicia antes de la instalación, con la formalización de las comunidades, la suscripción de contratos, el registro de usuarios en la plataforma digital y la calendarización oficial del proceso. Durante la instalación, la administración coordina la emisión de documentos técnicos, registros de avance, actas de recepción y solicitudes normativas; mientras que, una vez finalizado el proceso, se encarga del control post-instalación, la generación de informes de desempeño y la gestión de solicitudes de soporte.

La aplicación ConectaSol se proyecta como una herramienta relevante para la gestión administrativa del servicio. En su etapa inicial, el prototipo permitirá definir y validar las principales funcionalidades relacionadas con la comunicación, supervisión y gestión de información. Posteriormente, con el desarrollo de su versión funcional, se contempla la centralización de información técnica, el registro de incidencias, la comunicación con las comunidades y la visualización de información energética de cada vivienda. Estas funcionalidades permitirían reducir tareas administrativas manuales, sistematizar la información y facilitar la toma de decisiones. Asimismo, la plataforma permitiría que los usuarios consulten información relacionada con su consumo, generación, solicitudes de soporte y comunicaciones asociadas al servicio.

En términos de gestión comunitaria, la administración también asume un rol relacional, estableciendo canales formales de comunicación, promoviendo la participación informada y asegurando que cada usuario comprenda las condiciones, alcances y responsabilidades asociadas al servicio ESCO. La capacitación, la atención oportuna de solicitudes y el acompañamiento continuo forman parte de la política administrativa para fortalecer la confianza y adoptar la tecnología con éxito. Finalmente, la administración del proyecto se fundamenta en principios de eficiencia, transparencia y mejora continua. Este enfoque permite garantizar la sostenibilidad operativa de ConectaSol, fortalecer la experiencia de los usuarios y crear una base administrativa sólida que espalde su crecimiento futuro en la Región de Valparaíso y, eventualmente, en el resto del país.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO

3. ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO

El presente capítulo desarrolla el Estudio Financiero del proyecto ConectaSol, cuyo propósito es evaluar la rentabilidad y sostenibilidad económica de implementar un modelo de servicios solares, para ello se analizan los costos de inversión, operación y mantenimientos; las proyecciones de ingresos bajo el modelo ESCO; los flujos de caja; y los principales indicadores financieros como VAN, TIR y PRI. Este análisis permite determinar si el proyecto es económicamente viable y ofrece las bases para la toma de decisiones respecto a su implementación.

3.1. Marco general y criterios de evaluación financiera

En la presente sección se definen las bases metodológicas y los supuestos económicos requeridos para evaluar la viabilidad financiera del proyecto ConectaSol. El análisis abarca la determinación de la estructura societaria y administrativa, la cuantificación de las inversiones iniciales (CAPEX) y los costos operacionales (OPEX), así como la proyección de los ingresos generados mediante el modelo de servicios energéticos (ESCO). Asimismo, se construyen los flujos de caja del proyecto a partir de un horizonte temporal determinado, incorporando el cálculo del valor residual y aplicando los principales indicadores de rentabilidad económica: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI). Esta metodología permite sustentar con solidez técnica y financiera la toma de decisiones respecto a la ejecución y sostenibilidad del modelo de negocio.

3.1.1. Estructura societaria

Para la ejecución y administración del proyecto ConectaSol, se propone la constitución de una Sociedad por Acciones (SpA). Esta figura jurídica resulta adecuada para un proyecto de estas características, ya que permite una gestión administrativa flexible, facilita el ingreso de futuros inversionistas y limita la responsabilidad de los accionistas al monto de sus aportes.

El financiamiento inicial requerido para la puesta en marcha de la fase piloto será determinado a partir de la inversión en activos fijos tangibles, activos intangibles y capital de trabajo necesarios para la operación inicial de ConectaSol. Para efectos de la evaluación financiera, se considera una estructura de financiamiento compuesta por aportes de capital propio y

financiamiento externo, cuyos montos se determinarán una vez cuantificada la inversión inicial total del proyecto.

Para efectos del escenario base de evaluación, se considera una estructura de financiamiento compuesta por un 50% de aporte de capital propio y un 50% de financiamiento externo.

Tabla 3-1. Detalle de gastos de constitución, desarrollo y stock inicial

Ítem de inversión	Descripción técnica	Monto (\$)
1.- Gastos de Constitución		3.000.000
Formalización legal	Redacción de estatutos, inscripción en el Conservador (CBR) y publicación en Diario Oficial	900.000
Patentes y permisos	Patente comercial municipal y permisos de inicio de actividades	1.100.000
Asesoría tributaria inicial	Diseño de la estructura de facturación y timbraje ante el SII	1.000.000
2.- Desarrollo y prototipo de la aplicación		13.000.000
Diseño UX/UI y Prototipado	Diseño de interfaces, navegación y experiencia de usuario	4.000.000

Continuación de tabla 3-1

Ítem de inversión	Descripción técnica	Monto (\$)
Desarrollo Backend y API	Definición de estructura tecnológica y funcionalidades futuras	6.000.000
Seguridad y testing	Revisión de interfaz y funcionalidades propuestas con usuarios	3.000.000
3.- Stock inicial de equipos		210.000.000
Kits fotovoltaicos para fase piloto	50 kits estándar de aproximadamente 3,85 kWp, según desglose de la Tabla 2-1	210.000.000
Total		226.000.000

Fuente: “Elaboración propia basada en estimaciones de mercado (2025)”

Tabla 3-2. Desglose de inversiones complementarias y capital de trabajo

Ítem de inversión	Detalle y justificación	Monto (\$)
1.- Activos fijos logísticos		33.000.000
Vehículo de trabajo	Adquisición de una camioneta 4x4 equipada para transporte de paneles y cuadrilla a terrenos	26.000.000

Continuación de tabla 3-2

Herramientas y seguridad	Escalas telescópicas, equipos de protección personal, taladros industriales y medidores certificados	7.000.000
2.- Capital de trabajo inicial		20.688.000
Reserva operativa	Cálculo por déficit acumulado	20.688.000
Total		53.688.000

Fuente: “Elaboración propia basada en estimaciones de mercado (2025)”

3.1.2. Inversión inicial

La inversión inicial del proyecto ConectaSol se determina a partir de los recursos necesarios para la puesta en marcha de la fase piloto. Para efectos de la evaluación financiera, esta inversión se clasifica en activos fijos tangibles, activos intangibles y capital de trabajo. Los montos asociados a cada componente se presentan en las Tablas 3-1 y 3-2, permitiendo determinar posteriormente la inversión inicial total requerida para el proyecto.

Activos fijos tangibles: corresponden a los bienes físicos necesarios para la operación y ejecución técnica del servicio ESCO, incluyendo los equipos fotovoltaicos, el vehículo de trabajo, las herramientas y otros equipos requeridos para la fase piloto.

Activos intangibles: corresponden a las inversiones asociadas a la constitución de la empresa y al diseño y desarrollo del prototipo de la aplicación ConectaSol, necesarios para la puesta en marcha del modelo propuesto.

Planilla de remuneraciones: corresponde al costo mensual asociado al personal requerido para la operación del proyecto, el cual constituye uno de los principales componentes utilizados posteriormente para determinar el capital de trabajo.

Capital de trabajo: corresponde a la reserva de recursos necesaria para cubrir los períodos iniciales en que los egresos operacionales superan a los ingresos del proyecto. Su monto se determina posteriormente mediante el método de déficit acumulado.

De acuerdo con los componentes definidos para la fase inicial, la inversión total requerida para la puesta en marcha de ConectaSol asciende a \$281.688.000, compuesta por \$245.000.000 en activos fijos tangibles, \$16.000.000 en activos intangibles y \$20.688.000 correspondientes al capital de trabajo inicial.

$$I_0 = \$245.000 + \$16.000 + \$20.688.000 = \$281.688.000$$

Tabla 3-3. Desglose de activos fijos tangibles

Ítem	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Kits fotovoltaicos estándar por vivienda	50	4.200.000	210.000.000
Vehículo de trabajo	1	26.000.000	26.000.000
Herramientas de instalación y medición	2	3.500.000	7.000.000
Equipamiento de oficina	2	1.000.000	2.000.000
Total			245.000.000

Fuente: “Elaboración propia basada en estimaciones de mercado (2025)”

Tabla 3-4. Desglose de activos intangibles

Ítem	Total (\$)
Gastos de constitución (legalización y patentes)	3.000.000
Diseño y desarrollo del prototipo de la aplicación	13.000.000
Total	16.000.000

Fuente: “Elaboración propia basada en estimaciones de mercado (2025)”

Tabla 3-5. Desglose de gastos en personal

Cargo	Cantidad	Costo Mensual (\$)
Jefe de proyecto	1	1.800.000
Ingeniero eléctrico (SEC)	1	1.600.000
Equipo TI/Administrador app	1	1.200.000
Contador (Externo/Part-time)	1	900.000
Totales	4	3.600.000

Fuente: “Elaboración propia basada en cotizaciones de mercado (2024-2025)”

Tabla 3-6. Detalle de gastos operativos mensuales

Ítem	Descripción	Costo (\$)
Seguros y mantención	Seguro de vehículo y mantenimiento preventivo	150.000
Servicios TI/ Soporte del prototipo	Servidores (AWS/Azure) para monitoreo	80.000
Total		230.000

Fuente: “Elaboración propia basada en promedios del mercado (2024-2025)”

La Tabla 3-6 presenta los gastos operativos mensuales considerados para la fase piloto, asociados principalmente al vehículo de trabajo y al soporte técnico tecnológico del prototipo de la aplicación ConectaSol.

3.1.3. Capital de trabajo

Para asegurar la continuidad operativa de ConectaSol durante la etapa inicial de instalación y puesta en marcha, se determina el capital de trabajo necesario para cubrir los primeros meses de operación en los cuales los egresos pueden superar a los ingresos. Para su cálculo se utiliza el método de déficit acumulado, que permite identificar el máximo déficit de caja generado durante el período inicial. Dicho monto corresponde a la reserva mínima de recursos líquidos que la empresa debe mantener para cubrir la diferencia temporal entre sus ingresos y egresos operacionales.

- Datos del cálculo:

Egresos fijos mensuales: \$3.830.000, correspondientes a \$3.600.000 asociados a personal y \$230.000 correspondientes a gastos operativos

Ingresos Proyectados: corresponden a las cuotas mensuales del servicio ESCO pagadas por las viviendas participantes, las cuales comienzan a percibirse progresivamente a medida que los sistemas fotovoltaicos son instalados y puestos en operación.

Horizonte de cálculo: 12 meses

Tabla 3-7. Método de déficit acumulado para calcular el capital de trabajo

Mes	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Flujo Neto (\$)	Déficit Acumulado (\$)
1	0	-3.830.000	-3.830.000	-3.830.000
2	561.600	-3.830.000	-3.268.400	-7.098.400
3	1.123.200	-3.830.000	-2.706.800	-9.805.200
4	1.684.800	-3.830.000	-2.145.200	-11.950.400
5	2.246.400	-3.830.000	-1.583.600	-13.534.000
6	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-14.556.000
7	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-15.578.000
8	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-16.600.000
9	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-17.622.000
10	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-18.644.000

Continuación de tabla 3-7

11	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-19.666.000
12	2.808.000	-3.830.000	-1.022.000	-20.688.000

Fuente: “Elaboración propia basada en el método de déficit acumulado a 12 meses”

De acuerdo con el método de déficit acumulado, el capital de trabajo requerido corresponde al máximo déficit acumulado registrado durante los primeros 12 meses de operación. Como se observa en la Tabla 3-7, este alcanza un valor de \$20.688.000, monto considerado como capital de trabajo inicial del proyecto.

3.1.4. Determinación de la cuota de servicio

El ingreso percibido por cada solución instalada se calcula en función del ahorro proyectado en la cuenta de suministro eléctrico de beneficiarios. Para el presente proyecto, se han considerado las siguientes variables técnicas y económicas basadas en el mercado chileno:

La generación energética mensual estimada para el sistema fotovoltaico estándar de 3,85 kWp se determina utilizando una radiación solar promedio de 4,5 kWh/m²/día y un factor de rendimiento global de 0,75. De esta forma, se obtiene una producción mensual teórica aproximada de 390 kWh por vivienda.

$$\text{Generación mensual} = 3,85 \times 4,5 \times 30 \times 0,75 \approx 390 \text{ kWh/mes}$$

Considerando como supuesto de evaluación una tarifa eléctrica promedio de \$160/kWh, el ahorro económico potencial mensual se estima mediante:

$$\text{Ahorro potencial} = 390 \text{ kWh} \times \$160/\text{kWh} = \$62.400 \text{ mensuales por vivienda.}$$

A partir del ahorro económico potencial estimado, para el escenario base se establece una cuota mensual equivalente al 90% del ahorro proyectado por vivienda. De esta manera, la cuota mensual del servicio ESCO se determina mediante:

$$\text{Cuota ESCO} = \$62.400 \times 0.90 = \$56.160 \text{ mensuales por vivienda}$$

De esta forma, cada vivienda participante pagará una cuota mensual estimada de \$56.160 por el servicio ESCO, mientras que la diferencia equivalente al 10% del ahorro proyectado, correspondiente a \$6.240 mensuales, representa un ahorro económico directo para la vivienda durante la vigencia del servicio. Una vez finalizado el período contractual, los beneficios económicos asociados a la generación fotovoltaica podrán ser percibidos directamente por la vivienda, de acuerdo con las condiciones establecidas en el contrato.

3.1.5. Flujo de caja

Para la evaluación financiera de ConectaSol se elaboró un flujo de caja con un horizonte de 8 años, comprendido entre 2026 y 2034. La proyección considera un crecimiento progresivo de 50, 100, 120, 200, 250, 300, 320 y 350 viviendas atendidas. Los ingresos se estiman a partir de una cuota mensual de \$56.160 por vivienda. Asimismo, se consideran los costos operacionales, las inversiones requeridas para la incorporación de nuevas viviendas y una tasa de descuento del 5%. El modelo ESCO considera contratos de 20 años, por lo que al término del horizonte de evaluación existen flujos contractuales pendientes, los cuales son considerados en el valor terminal del proyecto.

Tabla 3-8. Flujo de caja, con financiamiento de un 50%

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AÑO	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Ingresos		824	1.648	1.978	3.297	4.121	4.945	5.275	5.789	5.789	5789
Egresos		-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124	-1.124
Margen Operacional	0	-300	524	854	2.173	2.997	3.821	4.151	4.645	4.645	4.645
Depreciación		-235	-235	-235	-235	-235	0	0	0	0	0
Valor libro											
Pérdida ejercicio anterior		0	-300	224	1.078	3.251	6.247	10.068	14.219	18.864	23.509
Interés Largo Plazo		-533	-583	-629	-671	-710	-746	-779	-809	-837	-863
Interés Corto Plazo											
Utilidad antes del impuesto	0	-300	224	1.078	3.251	6.247	10.068	14.219	18.864	23.509	28.154
Impuesto (27%)		0	-61	-291	-878	-1.687	-2.718	-3.839	-5.093	-6.347	-7.602
Utilidad después del impuesto	0	-300	164	787	2.373	4.561	7.350	10.380	13.771	17.161	20.552
Pérdida ejercicio anterior											
Amortización Largo Plazo		-626	-576	-530	-487	-448	-412	-379	-349	-321	-295
Amortización Corto Plazo											
Depreciación											
Capital Fijo	-5.992										
Gastos puesta en marcha	-378										
Imprevistos	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422	-8.422
Capital de trabajo	-521								521		
Flujo de caja antes financiamient	-13.313	-7.348	-6.834	-6.165	-4.536	-2.310	515	3.578	7.520	10.418	13.835
Crédito largo plazo	6.657										
Crédito corto plazo		7.348	6.834	6.165	4.536	2.310	0	0	0	0	0
Flujo de caja neto	-6.657	0	0	0	0	0	515	3.578	7.520	10.418	13.835
Flujo de caja actualizado	-6.657	0	0	0	0	0	261	1.619	3.037	3.757	4.454
Flujo de caja actualizado acumul	-6.657	-6.657	-6.657	-6.657	-6.657	-6.657	-6.396	-4.777	-1.740	2.017	6.472

Fuente: “Elaboración propia basada en los flujos trabajados en clase”

A partir del flujo de caja proyectado se determinarán los principales indicadores de evaluación económica del proyecto, correspondientes al Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI). Estos resultados permitirán evaluar la viabilidad económica de ConectaSol bajo el escenario de financiamiento considerado.

Tabla 3-9. Resultados de flujo de caja

% Financiamiento	Crédito externo	Aporte propio
0%	\$ -	\$ 281.688.000
25%	\$ 70.422.000	\$ 211.266.000
50%	\$ 140.844.000	\$ 140.844.000
75%	\$ 211.266.000	\$ 70.422.000

Fuente: “Cálculos en plantilla Excel”

3.1.6. Valor Residual

Al término del horizonte de evaluación de 8 años, los contratos ESCO asociados a los sistemas fotovoltaicos continúan vigentes, debido a que se considera una duración contractual de 20 años. Por este motivo, al finalizar el año 2034, el proyecto mantiene la capacidad de generar flujos futuros.

Para incorporar este efecto en la evaluación económica, se considera un valor terminal correspondiente al valor presente, al año 2034, de los flujos netos asociados a los contratos ESCO que permanecen vigentes después del horizonte de evaluación. De esta forma, el flujo de caja reconoce el valor económico remanente del proyecto sin extender el horizonte explícito de evaluación más allá de los 8 años.

3.1.7. Análisis de Sensibilidad

Para evaluar la resiliencia del proyecto ConectaSol ante riesgos de mercado, se realizó un análisis de sensibilidad que mide las variaciones del VAN y la TIR con fluctuaciones del $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ en una variable de ingreso (tarifa/recaudación del servicio fotovoltaico) y una de egreso (CAPEX de adquisición e instalación).

- Sensibilización de la variable de Ingresos: Cuota mensual del servicio ESCO. La variación de los ingresos depende directamente de la cuota mensual establecida por el servicio fotovoltaico y del número de viviendas atendidas. Para evaluar el efecto de posibles variaciones en los ingresos, se consideran disminuciones y aumentos de 10% y 20% respecto de la cuota mensual base de \$56.160 por vivienda.
1. Escenario Pesimista (-10% / -20% en ingresos): Considera una disminución de la cuota mensual del servicio ESCO y, por consiguiente, una reducción de los ingresos proyectados del proyecto.

2. Escenario Base (0%): Mantiene las condiciones originales del proyecto, con un VAN de \$46.467.586 y una TIR de 6,45%, correspondiente al escenario de 50% de financiamiento.
3. Escenario Optimista (+10% / +20% en ingresos): Considera un aumento de la cuota mensual del servicio ESCO, generando un incremento proporcional de los ingresos proyectados del proyecto.

Tabla 3-10. Sensibilidad del VAN y TIR ante variaciones en la variable de Ingresos.

Escenario	Variación Ingresos	VAN estimado (CLP)	TIR (%)	Estado
Aumento Severo	+20%	-9.286.470	4.2%	No Viable
Aumento Moderado	+10%	18.590.558	5.4%	Viable
Base	0%	46.467.586	6.45%	Viable
Reducción Moderada	-10%	74.344.614	7.6%	Viable
Reducción Severa	-20%	102.221.642	8.7%	Viable

Fuente: “Cálculos en plantilla Excel”

La rentabilidad del proyecto presenta sensibilidad frente a variaciones en los ingresos. En el escenario pesimista de -20%, el VAN alcanza un valor negativo de -\$9.286.470 y la TIR disminuye a 4,2%, situándose por debajo de la tasa de descuento del 5%, por lo que el proyecto no resultaría viable bajo estas condiciones. En el escenario de -10%, el VAN se mantiene positivo en \$18.590.558 y la TIR alcanza un 5,4%, manteniéndose levemente sobre la tasa de descuento. Por otra parte, los escenarios optimistas de +10% y +20% presentan VAN de \$74.344.614 y \$102.221.642, respectivamente, junto con TIR de 7,6% y 8,7%, evidenciando una mejora progresiva en la rentabilidad del proyecto.

Sensibilización de la variable de egresos: Inversión en equipamiento (CAPEX): Inversión en equipamiento. Se analiza la variación del CAPEX correspondiente a la adquisición e instalación de

los sistemas fotovoltaicos, considerando aumentos y disminuciones de 10% y 20% en los costos de proveedores, tecnología y condiciones de mercado

Tabla 3-11. Sensibilidad del VAN y TIR ante variaciones en la variable de Egresos.

Escenario	Variación CAPEX	VAN estimado (CLP)	TIR (%)	Estado de Viabilidad
Aumento Severo	+20%	102.805.186	8.9%	Viable
Aumento Moderado	+10%	74.636.386	7.7%	Viable
Base	0%	46.467.586	6.45%	Viable
Reducción Moderada	-10%	18.298.786	5.3%	Viable
Reducción Severa	-20%	-9.870.014	4.2%	No Viable

Fuente: “Cálculos en plantilla Excel”

Los resultados presentados en la Tabla 3-10 muestran que el proyecto presenta sensibilidad frente a variaciones en los costos de inversión. Una reducción del CAPEX de 10% y 20% mejora los indicadores de rentabilidad, alcanzando VAN de \$74.636.386 y \$102.805.186, respectivamente. Por otra parte, ante un aumento moderado del CAPEX de 10%, el proyecto mantiene su viabilidad, con un VAN de \$18.298.786 y una TIR de 5,3%. Sin embargo, ante un aumento severo de 20%, el VAN disminuye a -\$9.870.014 y la TIR a 4,2%, situándose por debajo de la tasa de descuento del 5%, por lo que el proyecto deja de ser económicamente viable bajo este escenario.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El presente estudio de prefactibilidad técnica y económica permitió evaluar integralmente la viabilidad de crear ConectaSol, una empresa de servicios orientada a la instalación y gestión de sistemas fotovoltaicos para comunidades colaborativas en la Región de Valparaíso. A partir del análisis normativo, territorial, técnico, social y financiero, se determinó que las condiciones analizadas permiten el desarrollo de soluciones solares comunitarias dirigidas principalmente a comunidades residenciales organizadas, tales como juntas de vecinos, condominios, cooperativas y conjuntos residenciales, facilitando el acceso colectivo a sistemas de generación fotovoltaica.

ConectaSol constituye un proyecto sostenible y replicable, alineado con los desafíos actuales de descarbonización, equidad energética e innovación tecnológica. Su enfoque integral, que combina energía solar, herramientas digitales, participación comunitaria y un modelo de servicios energéticos ESCO, permite plantearlo como una alternativa para avanzar hacia una transición energética descentralizada en Chile. Desde el punto de vista técnico, se determinó la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos de 3,85 kWp por vivienda, mientras que la evaluación económica, bajo el escenario base considerado, presenta resultados favorables. Para el escenario con 50% de financiamiento se obtuvo un VAN positivo de \$46.467.586 y una TIR de 6,45%, superior a la tasa de descuento del 5%, permitiendo concluir que el proyecto resulta económicamente viable bajo los supuestos establecidos.

Más allá de los resultados técnicos y económicos, ConectaSol presenta potencial para generar impactos ambientales, sociales y tecnológicos mediante la incorporación de generación fotovoltaica distribuida, la participación de las comunidades y el uso de herramientas digitales para el monitoreo energético. En este sentido, el proyecto no se limita a la instalación de sistemas solares, sino que propone un modelo de gestión comunitaria orientado a fomentar una participación más activa de los usuarios en el uso y administración de la energía. En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que ConectaSol cuenta con fundamentos técnicos y económicos para avanzar hacia etapas posteriores de desarrollo, implementación piloto y eventual escalamiento en la Región de Valparaíso.

Como recomendación, se propone implementar inicialmente un proyecto piloto que permita validar los costos, la generación energética y el funcionamiento del modelo ESCO. Además, se recomienda establecer acuerdos con proveedores y entidades financieras para facilitar el crecimiento del proyecto y mantener un seguimiento de las condiciones del mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Ministerio de Energía de Chile. (2012). *Ley N.º 20.571 sobre Tarifas Eléctricas* . Biblioteca del Congreso Nacional. <https://www.bcn.cl>

Ministerio de Energía de Chile. (2022). *Estrategia Nacional de Energía 2022 - 2006*. Gobierno de Chile <https://energia.gob.cl/>

CORFO. (2002). *Programas de apoyo a la inversión en energías renovables para comunidades y pymes*. <https://www.corfo.cl/>

Biblioteca del Congreso Nacional. (2022). *Ley N.º 21.455 sobre Cambio Climático*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1173030>

Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2025) <https://www.sec.cl/>

Investigación Energética y Ciencias Sociales Vol.69 (2020) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620301171>

Economipedia (Tasa de descuento): <https://economipedia.com/definiciones/tasa-descuento.html>

Orientación de creación de App: https://www.abstract.cl/?gad_source=1&gad_campaignid=20764201439&gbraid=0AAAAApeeTyhB3Ekv_AyiS1luMb4PCkNUq&gclid=Cj0KCQiArOvIBhDLARIsAPwJXOYWUpEfubsU4QHfFSmf6vKlpeMxtmyDypQxr7wf7aPsoF5NOAcA_TAaAr4HEALw_wcB

Agencia de Sostenibilidad Energética. (2022). Experiencias y modelos de negocio en generación distribuida en Chile. <https://www.agenciase.org>

Instituto Nacional de Estadísticas. (2023). Resultados Censo de Población y Vivienda 2017: Actualización de hogares por región. <https://www.ine.gob.cl>

International Energy Agency. (2022). Renewables 2022. <https://www.iea.org>

Ministerio de Energía. (2021). *Estrategia Nacional de Energía 2050*. Gobierno de Chile. <https://energia.gob.cl>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

ANEXOS

Anexo A. Memoria de cálculo y evaluación económica de ConectaSol.

Tabla A-1. Inversión inicial

Inversión inicial	\$	281.688.000
Aporte capital propio		
Ítem de inversión	Descripción técnica	Monto (\$)
1.- Gastos de Constitución		3.000.000
Formalización legal	Redacción de estatutos, inscripción en el Conservador (CBR) y publicación en Diario Oficial	900.000
Patentes y permisos	Patente comercial municipal y permisos de inicio de actividades	1.100.000
Asesoría tributaria inicial	Diseño de la estructura de facturación y timbraje ante el SII	1.000.000
2.- Desarrollo de la aplicación		15.000.000
Diseño UX/UI y Prototipado	Diseño de interfaz para el usuario (comunidades) y panel de administración	4.000.000
Total		18.000.000
Financiamiento externo		
Ítem de inversión	Detalle y justificación	Monto (\$)
1.- Activos fijos logísticos		33.000.000
Vehículo de trabajo	Adquisición de una camioneta 4x4 equipada para transporte de paneles y cuadrilla a terrenos	26.000.000
Herramientas y seguridad	Escalas telescópicas, equipos de protección personal, taladros industriales y medidores certificados	7.000.000
2.- Capital de trabajo inicial		20.688.000
Reserva operativa	Fondo destinado al pago de sueldos de la cuadrilla técnica y arriendo de bodega durante los primeros 4 meses de operación	20.688.000
Total		53.688.000
Inversión instalación de paneles solares		
Ítem de inversión		Monto (\$)
Kits fotovoltaicos		210.000.000
Instalación y puesta en marcha		incluida en la tarifa de venta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A-2. Detalle del capital fijo.

Categoría	Valor CLP	Valor UF
Kits	\$ 210.000.000	5136
Herramientas FV	\$ 7.000.000	171
Equipamiento	\$ 2.000.000	49
Vehículo	\$ 26.000.000	636
Capital Fijo	\$ 245.000.000	5992

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A-3. Detalle de egresos operacionales del proyecto.

CATEGORÍA	CANTIDAD	CLP mensual	CLP anual	UF mensual	UF anual
PERSONAL		CLP 3.600.000	CLP 43.200.000	88,05	1.056,62
SERVIDOR	1	CLP 150.000	CLP 1.800.000	3,67	44,03
SEGUROS	1	CLP 80.000	CLP 960.000	1,96	23,48
TOTAL GASTOS PERSONAL OP.					1.124,13
		CLP 3.830.000	CLP 45.960.000		
Año	2026	2027	2028	2029	2030
Egresos fijos	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-4. Resumen de inversión ventas y egresos proyectados.

Cada 100 kits instalados		\$	107.000.000	
Valor kit		\$	4.200.000	\$ 840.000
Pie de compra			20%	
Año	Kits instalados	Total	Pie	
Año 1	50	\$ 210.000.000		Inv.inicial
Año 2	50	\$ 210.000.000	\$	42.000.000
Año 3	20	\$ 84.000.000	\$	16.800.000
Año 4	80	\$ 336.000.000	\$	67.200.000
Año 5	50	\$ 210.000.000	\$	42.000.000
Total	250	\$ 1.050.000.000	\$	210.000.000
Ventas	Año	Monto		
	Año 1	\$25.272.000		
	Año 2	\$67.392.000		
	Año 3	\$80.421.120		
	Año 4	\$134.784.000		
	Año 5	\$168.480.000		
		\$476.349.120		
Egresos (sueldos)	Año	Monto		
	Año 1	\$-45.960.000		
	Año 2	\$-45.960.000		
	Año 3	\$-45.960.000		
	Año 4	\$-45.960.000		
	Año 5	\$-45.960.000		
	Total	-\$229.800.000		

Fuente: Elaboración propia.