

“Pymes en transición energética ¿una tendencia a seguir?”

Investigación sobre el impacto de la adopción de paneles solares
en pymes chilenas

Estudiante: Claudio Campos

Profesor guía: Marcelo Villena



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: "Pymes en transición energética ¿una tendencia a seguir?"

Nombre del candidato(a): Claudio Misael Campos Aravena

Carrera / Grado: Ingeniería Comercial

Campus: Vitacura Departamento: Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcelo Julian Villena Chamorro, 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)

☒ 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):

4.- FIRMAS

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

Fecha: 22/01/2026

Firma:



Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 22/01/2026

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.

“Pymes en transición energética ¿una tendencia a seguir?”

Investigación sobre el impacto de la adopción de paneles solares
en pymes chilenas

Estudiante: Claudio Campos

Profesor guía: Marcelo Villena

Contenido

1. Introducción	4
2. Objetivos e hipótesis del trabajo	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
2.3 Hipótesis del trabajo	5
3. Estado del arte y revisión de la literatura	7
3.1 Introducción	7
3.2 Marco conceptual: ingeniería sostenible y economía aplicada a la transición energética	7
3.3 Literatura internacional sobre adopción solar en PYMES	8
3.4 Estudios y evidencia aplicable a Chile	8
3.5 Justificación de la metodología	9
3.6 Vacíos de investigación	9
3.7 Summary Table	9
3.8 Conclusión revisión de la literatura	11
4. Caracterización del caso de estudio	12
4.1 Introducción y contexto general	12
4.2 Impacto económico directo: boletas y estructura de costos en PYMEs	13
4.3 Demanda y sensibilidad: PYMEs frente a la volatilidad tarifaria	13
4.4 Potencial solar y aprovechamiento focalizado en PYMEs	16
4.5 Barreras específicas para PYMEs (evidencia y argumentos)	17
4.6 Conclusión	18
5. Metodología del trabajo	19
5.1 Población y muestra	19
5.2 Variables e hipótesis	20
5.3 Recolección de datos	21

5.4 Tratamiento y análisis de datos.....	21
5.5 Consideraciones éticas	22
5.6 Limitaciones.....	22
6. Desarrollo	23
6.1 Introducción	23
6.2 Enfoque conceptual y teórico	23
6.3 Marco metodológico aplicado.....	24
6.4 Resultados	27
6.4.3 Resultados evaluación financiera	35
7. Conclusiones	40
8. Futuras investigaciones en el área.....	42
9. Bibliografía	43
9.1 Anexos gráficos	45

1. Introducción

En los últimos años, la transición energética ha adquirido relevancia estratégica en Chile, tanto por los compromisos de descarbonización como por el aumento sostenido de los costos eléctricos. Para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), que representan más del 90 % del tejido empresarial nacional, estas alzas impactan directamente su competitividad, márgenes de operación y capacidad de reinversión.

La energía solar se presenta como una alternativa viable al permitir reducir costos energéticos, estabilizar flujos de gasto y mejorar la sostenibilidad operativa. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías sigue siendo heterogénea, influida por factores económicos, informativos y regulatorios.

Para la presente investigación es importante aclarar la terminología que se utilizará respecto a tecnologías solares:

Energía solar: energía de fuente solar que puede utilizarse para electricidad, calefacción o luz

Panel solar: Panel que recibe la luz solar para transformarla en energía solar

Panel solar fotovoltaico: panel que transforma la luz solar en energía eléctrica

Panel solar térmico: panel que transforma la luz solar en agua caliente

Tecnologías solares: cualquier tecnología que transforma la luz solar en un recurso utilizable.

El presente estudio evalúa la viabilidad económica y estratégica de sistemas fotovoltaicos en PYMEs chilenas, considerando su impacto financiero —medido mediante indicadores como VAN, TIR y periodo de recuperación— junto con efectos intangibles asociados a sostenibilidad e imagen corporativa. Esta investigación busca aportar evidencia para orientar decisiones empresariales y políticas públicas de apoyo al sector.

2. Objetivos e hipótesis del trabajo

2.1 Objetivo general

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la viabilidad económica y estratégica de la adopción de sistemas de energía solar por parte de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) en Chile, considerando tanto los beneficios financieros derivados de la reducción de costos energéticos como los efectos intangibles asociados a la sostenibilidad y la imagen corporativa.

2.2 Objetivos específicos

1. **Analizar** el contexto energético nacional, describiendo la evolución reciente de los costos eléctricos en Chile y su impacto sobre los gastos operativos de las PYMEs.
2. **Identificar** las principales barreras y motivaciones que influyen en la decisión de invertir en energía fotovoltaica, considerando factores económicos, institucionales y culturales.
3. **Cuantificar** la rentabilidad esperada de la instalación de paneles solares en distintos escenarios de cobertura (25 %, 50 %, 75 % y 100 % del consumo eléctrico), mediante indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión.
4. **Evaluar** el rol de los instrumentos de apoyo estatal y financiero, tales como el programa Casa Solar, los créditos verdes y el leasing energético, como mecanismos para facilitar la transición energética en el segmento PYME.
5. **Comparar** los resultados obtenidos entre distintas empresas, según su tamaño, rubro y ubicación geográfica, con el fin de establecer patrones de adopción tecnológica y niveles de impacto económico.

2.3 Hipótesis del trabajo

La presente investigación plantea como hipótesis general que la adopción de sistemas solares fotovoltaicos resulta económicamente viable para un número significativo de PYMEs chilenas, especialmente aquellas con altos niveles de consumo eléctrico y acceso a mecanismos de financiamiento o subsidio estatal. Asimismo, se propone que las PYMEs que implementan energía solar no solo reducen sus costos operativos, sino que también fortalecen su posicionamiento competitivo, al proyectar una imagen comprometida con la sostenibilidad y la eficiencia energética.

A partir de la revisión de literatura y del marco teórico, se desprenden las siguientes hipótesis específicas:

- H1: Las PYMEs con mayores beneficios percibidos (económicos y ambientales) presentan una mayor probabilidad de adoptar sistemas fotovoltaicos.
- H2: El nivel de conocimiento técnico sobre energías renovables influye positivamente en la decisión de adopción de paneles solares.
- H3: Las PYMEs que reciben asesoría o apoyo institucional (público o privado) tienen una mayor tasa de adopción de energía fotovoltaica.
- H4: El costo inicial de inversión percibido tiene un efecto negativo significativo sobre la intención de adopción de sistemas solares.
- H5: Las PYMEs con líderes organizacionales comprometidos con la sostenibilidad muestran mayor disposición a invertir en energía fotovoltaica.
- H6: La adopción de energía fotovoltaica tiene un impacto positivo en la reducción de costos operativos de las PYMEs.
- H7: Las PYMEs que han implementado paneles solares perciben una mejora en su imagen corporativa y responsabilidad social.
- H8: La rentabilidad percibida del proyecto fotovoltaico se relaciona positivamente con la satisfacción general del empresario respecto a la inversión.
- H9: Las PYMEs con mayor conciencia ambiental presentan una actitud más favorable hacia la inversión en tecnologías limpias.
- H10: La satisfacción con el funcionamiento del sistema fotovoltaico influye positivamente en la recomendación (boca a boca) hacia otras empresas del rubro.
- H11: La ubicación de la PYME en la Región Metropolitana (versus otras regiones) influye positivamente en la probabilidad de adopción de energía fotovoltaica, debido a una mayor disponibilidad de recursos, asesoría y redes de apoyo.
- H12: La facilidad de mantenimiento del sistema fotovoltaico (percepción de que el mantenimiento es sencillo) influye positivamente en la satisfacción con la inversión y en la recomendación a otras empresas.

3. Estado del arte y revisión de la literatura

3.1 Introducción

La transición energética se ha convertido en una prioridad estratégica para gobiernos, empresas y sociedades a nivel global. En Chile, esta transición toma una relevancia particular por dos razones complementarias: primero, la presión reciente sobre las tarifas eléctricas derivada del proceso de descongelamiento y reajuste tarifario iniciado en 2024, que ha incrementado significativamente los costos enfrentados por consumidores residenciales y no residenciales (Biblioteca del Congreso Nacional, n.d.; Comisión Nacional de Energía, 2025); y segundo, la condición geográfica del país, que le otorga un potencial solar entre los más altos del mundo y, por tanto, una oportunidad para desplegar soluciones fotovoltaicas tanto a gran escala como distribuidas (Solargis, n.d.).

Este estado del arte revisa la literatura internacional y nacional sobre adopción de energía solar en pequeñas y medianas empresas (PYMEs), relaciona los conceptos de ingeniería sostenible y economía aplicables a la transición energética, y sintetiza la evidencia sobre barreras, modelos de negocio y políticas públicas relevantes para facilitar la adopción. Se presta especial atención a trabajos empíricos replicables, como Hancevic y Sandoval (2023), y a documentos oficiales y guías técnicas nacionales (Comisión Nacional de Energía, Coordinador Eléctrico Nacional, Ministerio de Energía, Casa Solar) (Hancevic C Sandoval, 2023; Comisión Nacional de Energía, 2019; Coordinador Eléctrico Nacional, 2024; Casa Solar, n.d.).

3.2 Marco conceptual: ingeniería sostenible y economía aplicada a la transición energética

La ingeniería sostenible aporta métodos y herramientas para diseñar sistemas energéticos que optimicen eficiencia y seguridad, y que minimicen impactos ambientales. En la práctica, esto implica dimensionamiento técnico (potencia instalada, orientación, estructura), análisis del balance of system (inversores, protecciones, medidores bidireccionales) y planificación del ciclo de vida (degradación, mantenimiento) (U.S. Department of Energy, 2023; NREL, 2023). Las guías técnicas y normativas nacionales sobre generación distribuida y netbilling proveen el marco operativo para conectar instalaciones residenciales y comerciales a la red (Comisión Nacional de Energía, 2019; Enel Chile, n.d.; Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2024).

La economía aporta técnicas de evaluación financiera y de política pública: análisis de VAN/TIR, payback, análisis de sensibilidad frente a variaciones en tarifas y costes de instalación, valoración de externalidades (reducción de emisiones) y evaluación de instrumentos de mercado (subsidios, créditos blandos, PPA). Integrar ambas disciplinas permite construir soluciones viables para PYMEs: diagnósticos técnicos que informen simulaciones económicas, y diseños financieros (leasing, PPA, contratos de servicio) que mitiguen barreras de adopción como el costo de entrada o el problema inquilino-propietario (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2023).

3.3 Literatura internacional sobre adopción solar en PYMES

La literatura internacional muestra patrones recurrentes: la adopción de sistemas fotovoltaicos en el sector no residencial es económicamente viable para una fracción importante de PYMEs, pero existen barreras estructurales que impiden la adopción generalizada (IEA, 2022; NREL, 2023). Estudios como Hancevic y Sandoval (2023) combinan encuestas empresariales y datos de facturación, aplicando modelos logit y simulaciones NPV/IRR para concluir que muchos proyectos con VAN positivo no se implementan por razones de financiamiento o por la falta de propiedad del inmueble. Experiencias en Estados Unidos y Europa destacan que incentivos económicos, mercados de terceros inversores (PPA, ESCOs) y compras colectivas han sido determinantes en la expansión comercial (Enel X Store, 2024; Solartek, 2024).

3.4 Estudios y evidencia aplicable a Chile

En Chile, la investigación aplicada sobre generación distribuida y la adopción de sistemas solares fotovoltaicos ha avanzado notablemente. Los reportes del Coordinador Eléctrico Nacional documentan el crecimiento de las ERNC entre 2020 y 2024 y evidencian episodios de vertimiento (curtailment) atribuibles a limitaciones de transmisión y coordinación de la red (Coordinador Eléctrico Nacional, 2024; PV-Tech, 2024). Estas dinámicas muestran una paradoja: abundante recurso renovable pero problemas de integración que condicionan el aprovechamiento pleno de la energía disponible.

El marco regulatorio ha sido clave: la Norma Técnica de Netbilling (Comisión Nacional de Energía, 2019) y las directrices de la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2024) establecen los requisitos técnicos y de conexión, aunque en la práctica estos procesos pueden incrementar costos blandos y tiempos de tramitación para PYMEs sin experiencia administrativa (Comisión Nacional de Energía, 2019; Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2024).

Programas públicos como Casa Solar y la iniciativa *Ponle Energía a tu Pyme* muestran vías de intervención política para reducir barreras: Casa Solar ha demostrado cómo subsidios y compra colectiva pueden masificar instalaciones residenciales (Casa Solar, n.d.; Agencia de Sostenibilidad Energética, 2023), mientras que *Ponle Energía a tu Pyme* apunta a adaptar instrumentos a las necesidades empresariales menores (Ministerio de Energía, 2024). La evidencia reunida por la AgenciaSE (2023) sugiere que, cuando se combina cofinanciamiento con asesoría técnica, los proyectos PYME presentan menores tiempos de recuperación y mayor probabilidad de implementación.

3.5 Justificación de la metodología

El enfoque mixto —encuestas, entrevistas y simulaciones financieras (VAN/TIR/sensibilidad) usado por Hancevic C Sandoval (2023)— es apropiado para Chile, ya que permite combinar evidencia primaria (percepciones y barreras) con análisis cuantitativo de viabilidad económica, incorporando además elementos regulatorios locales como el netbilling y las políticas de subsidio (Comisión Nacional de Energía, 2019; Agencia de Sostenibilidad Energética, 2023).

3.6 Vacíos de investigación

Se identifican vacíos relevantes: (i) pocos estudios longitudinales que midan efectos reales post-instalación en PYMEs; (ii) falta de micro-simulaciones por tramo de consumo y estacionalidad; (iii) escasez de evaluaciones comparativas entre modelos de financiamiento (leasing vs. crédito vs. PPA) adaptados a Chile (Hancevic C Sandoval, 2023; Coordinador Eléctrico Nacional, 2024).

3.7 Summary Table

Autor y año	Tipo de estudio	País / Contexto	Principales hallazgos o aportes	Relevancia para la tesis (PYMEs y transición energética)
Hancevic, P. I., s Sandoval, H. H. (2023)	Empírico (modelo Logit, análisis NPV/TIR)	América Latina (casos comparados)	La adopción de energía solar en PYMEs depende del costo inicial, acceso a crédito y percepción de rentabilidad.	Proporciona marco econométrico replicable para Chile y base para hipótesis sobre adopción tecnológica.

Autor y año	Tipo de estudio	País / Contexto	Principales hallazgos o aportes	Relevancia para la tesis (PYMEs y transición energética)
Amann, J., s Grover, A. (2023)	Empírico, datos panel 2005–2020	Chile	Muestra que el aumento de precios de la energía afecta negativamente la productividad y competitividad de las empresas pequeñas; las firmas con autogeneración logran mitigar los impactos.	Justifica la urgencia de medidas de eficiencia energética y transición solar en PYMEs chilenas.
Agencia de Sostenibilidad Energética (2023-24)	Diagnóstico institucional / descriptivo	Chile	Identifica barreras financieras y técnicas para PYMEs; muestra que los programas con asesoría + cofinanciamiento reducen el payback.	Aporta evidencia sobre el impacto de políticas públicas en adopción de tecnologías limpias.
Comisión Nacional de Energía (201G)	Normativo / técnico	Chile	Define estándares de conexión, compensación y seguridad para generación distribuida.	Fundamenta el marco legal bajo el cual operan los sistemas fotovoltaicos PYME.
Ministerio de Energía de Chile (2023)	Estrategia nacional	Chile	Establece objetivos de expansión energética y metas de participación ERNC > 70% al 2030.	Contextualiza la política nacional en que se inserta la transición energética PYME.
PV-Tech (2024)	Reporte técnico / energético	Chile	Registra vertimientos de energía renovable por congestión de transmisión.	Muestra limitaciones estructurales y necesidad de generación distribuida (punto a favor de PYMEs).
Helius (2024)	Comercial / técnico	Chile	Estima precios entre \$2,5–\$3 millones por kWp instalado, con retorno en 6–8 años.	Ofrece base para estimaciones financieras y modelamiento de VAN/TIR.
Casa Solar / AgenciaSE (2024)	Político / de fomento	Chile	Subsidio estatal que cubre parte de la inversión inicial; modelo replicable en PYMEs.	Demuestra efectividad del apoyo financiero y potencial extrapolable a empresas.
Coordinador Eléctrico Nacional (2024)	Estadístico / descriptivo	Chile	Muestra que más del 60% de la capacidad instalada proviene de ERNC.	Refuerza el contexto de madurez técnica y potencial de expansión solar.

Autor y año	Tipo de estudio	País / Contexto	Principales hallazgos o aportes	Relevancia para la tesis (PYMEs y transición energética)
Enel X Store / Solartek / Tienda TecnoRed (2024)	Comercial / técnico	Chile	Muestran precios reales y configuraciones de sistemas residenciales y PYME.	Permiten elaborar proyecciones de inversión para simulaciones de flujo de caja.

3.8 Conclusión revisión de la literatura

La revisión de la literatura nacional e internacional demuestra que el aumento sostenido del precio de la energía representa un desafío crítico para la competitividad de las pequeñas y medianas empresas chilenas. En este contexto, la generación solar fotovoltaica surge como una alternativa estratégica que permite reducir costos operativos, estabilizar el flujo de caja y mejorar la sostenibilidad económica y ambiental de las PYMEs.

Los estudios revisados coinciden en que la adopción de sistemas solares depende principalmente de factores económicos, financieros y actitudinales. Amann y Grover (2023) evidencian que los mayores costos energéticos afectan la productividad de las empresas, mientras que aquellas que incorporan autogeneración logran mantener su competitividad. De manera complementaria, Hancevic y Sandoval (2023) destacan que la percepción de rentabilidad, el acceso a crédito y el apoyo institucional son determinantes en la decisión de adopción.

Asimismo, los reportes del Ministerio de Energía, la CNE, la Agencia de Sostenibilidad Energética y el Coordinador Eléctrico Nacional confirman la existencia de un entorno favorable, aunque con barreras persistentes como limitaciones financieras, falta de información técnica y procesos administrativos complejos.

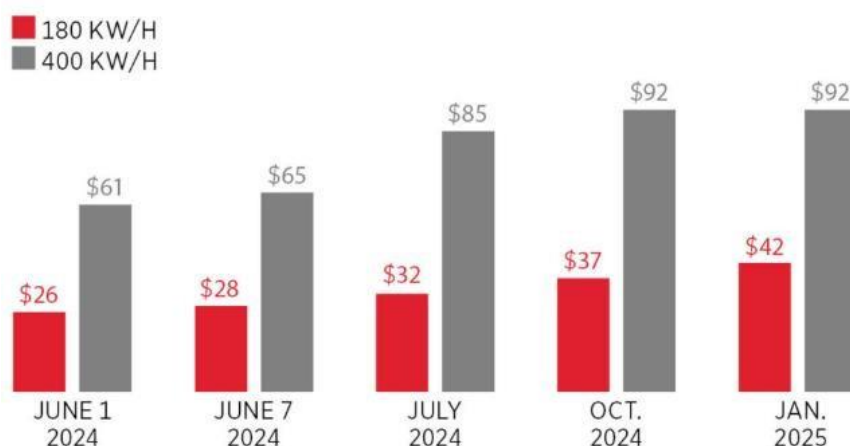
En síntesis, la transición energética en el sector PYME debe entenderse no solo como una medida ambiental, sino como una estrategia de competitividad y resiliencia. El desafío futuro radica en fortalecer los instrumentos de financiamiento, capacitación y regulación que permitan masificar la energía solar como motor de eficiencia y desarrollo sostenible.

4. Caracterización del caso de estudio

4.1 Introducción y contexto general

El sistema eléctrico chileno ha vivido una transformación profunda en los últimos años: desde las políticas para estabilizar tarifas durante 2019–2023 hasta el proceso de descongelamiento tarifario iniciado en 2024 que ha repercutido fuertemente en consumidores residenciales y empresariales por igual (ver discusión en los reportes del Coordinador Eléctrico Nacional y la CNE). Si bien las cifras públicas han sido mayormente discutidas en referencia a hogares, el impacto sobre las **Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs)** es igualmente crítico: la electricidad constituye en muchos casos un insumo estratégico que afecta directamente la estructura de costos, competitividad y capacidad de reinversión de los negocios. (Ver documento base y reportes oficiales).

Las medidas de congelamiento tarifario y su posterior reversión han implicado no sólo aumentos nominales en la tarifa, sino también una reconfiguración del riesgo de precios a nivel empresarial. Para numerosas PYMEs —comercios, panaderías, restaurantes, talleres y pequeños centros logísticos— el gasto energético es un componente relevante del costo operativo y, por tanto, cualquier alza en la tarifa golpea rápidamente la rentabilidad y el flujo de caja de estas unidades económicas. En consecuencia, resulta indispensable reorientar la caracterización del problema desde la óptica PYME: no se trata únicamente de aliviar la carga del hogar, sino de comprender cómo la presión tarifaria altera la viabilidad de negocios que operan con márgenes ajustados.



(Fuente: Americas Quarterly (2024). *Chile's Electricity Rate Debacle Has Lessons for Latin America.*)

4.2 Impacto económico directo: boletas y estructura de costos en PYMEs

Para evaluar el impacto en PYMEs, es útil trasladar el ejemplo de boletas eléctricas del segmento residencial a referencias empresariales de consumo. La Tabla a continuación ilustra aumentos sustantivos entre 2022 y 2025 para consumos domésticos; si aplicamos proporciones equivalentes a consumos empresariales típicos (que pueden ser mayores), el efecto en pesos y en margen operativo es proporcionalmente mayor. Por ejemplo, una pequeña panadería que consume 1,5–3 veces el consumo de un hogar medio verá multiplicado su incremento absoluto en la cuenta eléctrica.

Tabla 1: Ejemplo comparativo de boleta eléctrica 2022 vs 2025

Consumo mensual (kWh)	Cuenta promedio 2022 (CLP)	Cuenta promedio 2025 (CLP)
300	35000	52000
400	47000	69000
500	58000	86000

(Fuente: Elaboración propia con base en datos del *Coordinador Eléctrico Nacional* (CEN, 2024) y la *Comisión Nacional de Energía* (CNE, 2024)).

Más aún, la composición del gasto —cargos fijos, energía, transmisión— afecta a las PYMEs de distinta manera según su categoría tarifaria (BT, MT) y consumo horario. En la práctica, muchas PYMEs no pueden desplazar su consumo a horas valle por razones operativas, lo que reduce su elasticidad precio y aumenta el efecto neto de la subida tarifaria en su resultado operacional.

4.3 Demanda y sensibilidad: PYMEs frente a la volatilidad tarifaria

El sector de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) en Chile enfrenta actualmente una creciente presión derivada de la **volatilidad en los precios de la energía eléctrica**. A diferencia de los hogares, cuya demanda energética puede presentar cierto grado de elasticidad, las PYMEs tienden a mostrar una **rigidez estructural** en su consumo debido a la naturaleza de sus operaciones productivas. Procesos como la refrigeración industrial, la climatización de espacios de trabajo o el uso continuo de maquinaria dependen de un suministro eléctrico constante, lo que limita la capacidad de ajuste ante alzas tarifarias (Coordinador Eléctrico Nacional [CEN], 2024).

De acuerdo con los **Reportes Energéticos del CEN (2020, 2022 y 2024)**, los precios eléctricos regulados han mostrado un **incremento acumulado sostenido** durante el período post-pandemia, vinculado principalmente al ajuste de costos de generación, el alza del dólar y la actualización de contratos de suministro. Estas variaciones han repercutido directamente en los costos operativos de las PYMEs, especialmente en aquellas del sector manufacturero y agroindustrial, donde la electricidad representa entre un 8 % y un 15 % del gasto total (Comisión Nacional de Energía [CNE], 2024).

Los estudios del **Banco Mundial (Amann s Grover, 2023)** evidencian que la **competitividad de las empresas chilenas** se ve significativamente afectada por los aumentos sostenidos en los costos de energía, reduciendo márgenes operativos y generando brechas en productividad entre firmas con acceso a tecnologías eficientes y aquellas que dependen exclusivamente del sistema regulado. Este hallazgo refuerza la urgencia de impulsar medidas de **autogeneración y eficiencia energética**, especialmente entre PYMEs que no disponen de escalas productivas que les permitan negociar tarifas preferenciales.

En esa línea, la **Agencia de Sostenibilidad Energética (2023)** plantea que la adopción de tecnologías fotovoltaicas no solo constituye una medida de ahorro, sino también una herramienta de **resiliencia empresarial** ante la volatilidad tarifaria. Las empresas que han participado en programas de generación distribuida reportan reducciones en sus costos energéticos de entre un 20 % y un 40 %, junto con mejoras en la estabilidad presupuestaria y la percepción de sostenibilidad entre sus clientes.

El **programa “Ponle Energía a tu Pyme”** del Ministerio de Energía complementa este enfoque al ofrecer subsidios parciales, acompañamiento técnico y asesorías en instalación y mantenimiento, facilitando el acceso a tecnologías limpias en sectores históricamente excluidos por su escala de inversión (Ministerio de Energía, 2024). Este tipo de políticas, junto con los incentivos financieros promovidos por la banca verde y los fondos CORFO, buscan reducir la brecha de adopción tecnológica en el sector.

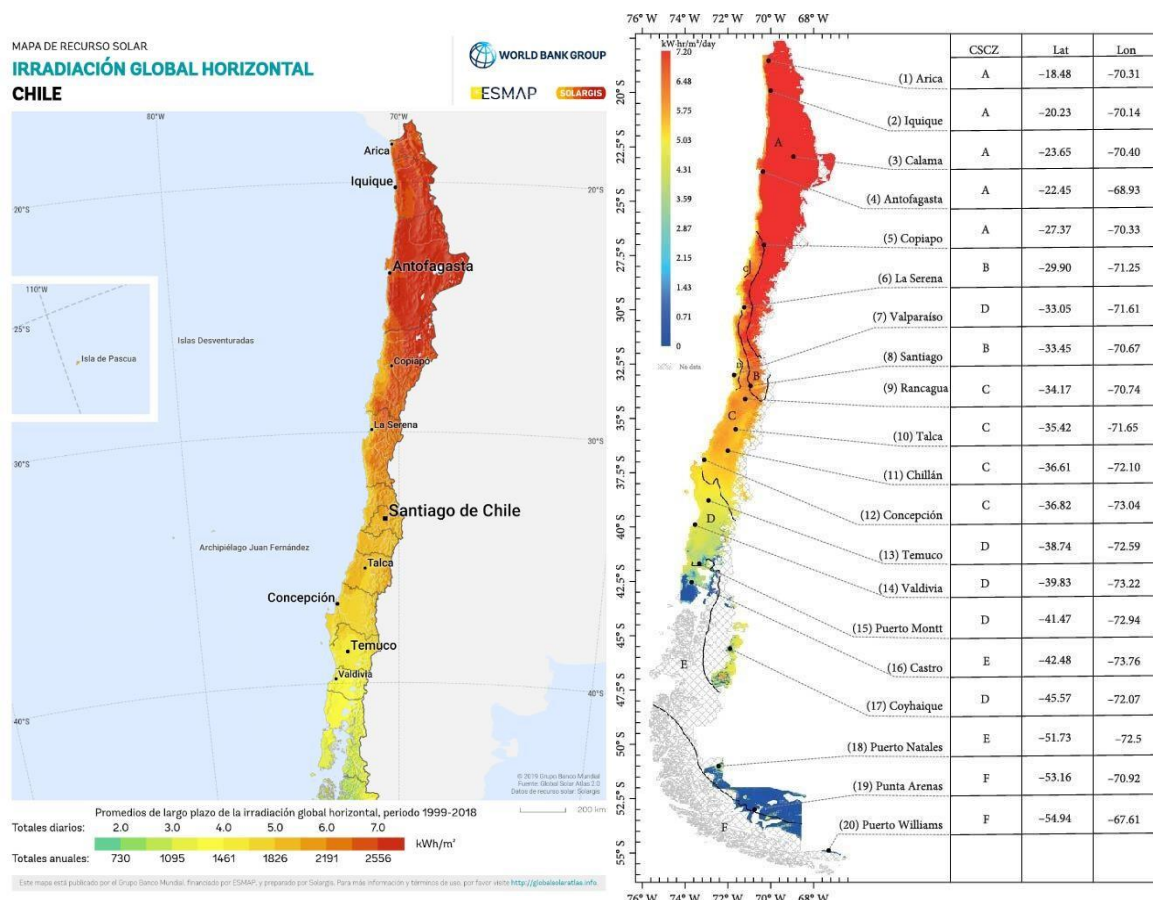
A nivel estructural, el **Plan de Expansión de la Ley de Política Energética (PELP) 2023-2027** plantea la necesidad de integrar la generación distribuida en la matriz energética nacional, señalando a las PYMEs como actores clave para alcanzar los objetivos de transición energética. El informe enfatiza que la descentralización de la generación mediante sistemas fotovoltaicos de pequeña escala no solo contribuye a la **reducción de emisiones**, sino que también **fortalece la seguridad energética** y diversifica la base de generación nacional (Ministerio de Energía, 2023).

En el contexto internacional, el informe **Renewables 2022 de la International Energy Agency (IEA)** identifica una tendencia similar: las pequeñas empresas son esenciales para el éxito de la transición energética, pero enfrentan **barreras financieras, regulatorias y tecnológicas** que ralentizan la adopción de energías renovables. Entre las estrategias recomendadas por la IEA se incluyen la creación de **marcos de apoyo financiero flexibles**, la simplificación de permisos de conexión y la estandarización de contratos de compra de energía (IEA, 2022).

Finalmente, la evidencia recopilada permite afirmar que las PYMEs chilenas operan bajo un contexto de alta dependencia energética, baja capacidad de sustitución de insumos y una creciente exposición al riesgo tarifario. Sin embargo, este escenario también representa una oportunidad: la inversión en **sistemas solares fotovoltaicos** emerge como una estrategia no solo de mitigación de costos, sino de fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad a largo plazo. La transición energética, por tanto, deja de ser una obligación ambiental para transformarse en una **decisión empresarial estratégica**, capaz de generar ventajas operativas y reputacionales en un mercado cada vez más orientado hacia la eficiencia y la sustentabilidad.

4.4 Potencial solar y aprovechamiento focalizado en PYMEs

Chile presenta niveles de radiación solar entre los más altos del planeta (GHI / DNI), lo cual crea una ventaja técnica clara para la generación fotovoltaica distribuida. No obstante, el crecimiento de la capacidad instalada ha estado concentrado en parques a gran escala y en proyectos industriales; la adopción en el segmento PYME aún está lejos de su potencial.



(Fuente: Solargis / ResearchGate)

A pesar de esta ventaja natural, el aprovechamiento del recurso solar sigue siendo limitado en el segmento residencial. Si bien programas como "Ponle energía a tu PYME" (un programa de la Agencia de Sostenibilidad Energética que entrega subsidios y financiamiento para que PYMEs instalen sistemas fotovoltaicos) han impulsado la instalación de sistemas fotovoltaicos, la penetración aún es baja en comparación con el potencial existente y pese a esto desde el 2020 el aporte de la energía solar a la capacidad total ha ido en constante aumento. Tal como se puede ver en la siguiente tabla conformada por datos del coordinador eléctrico nacional y en el gráfico respecto a la generación de energía mensual año tras año:

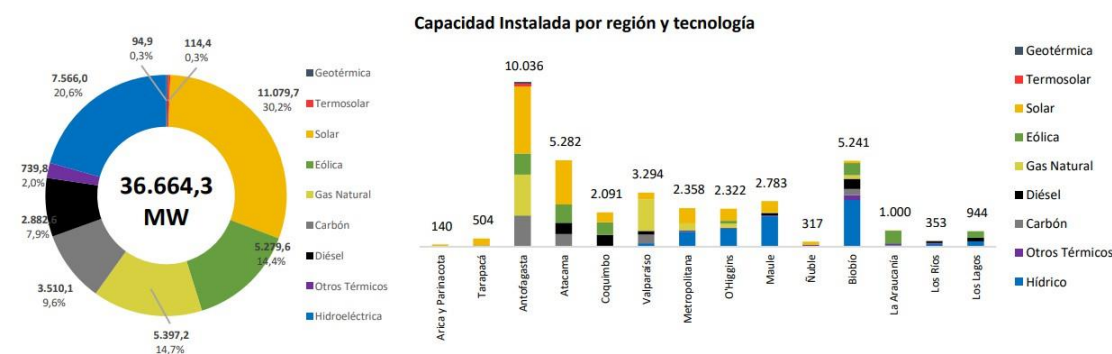
Año	Generación Renovable (GW)	Generación total (GW)	Porcentaje (%)
2020	15.3	70.8	21.6%
2022	24.8	75.8	32.7%
2024	31.05	77.9	39.8%

(Fuente: Elaboración propia con base en datos del *Coordinador Eléctrico Nacional* (CEN, 2020-2024))

CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN [MW]

Fuente: Datos procesados desde centrales en operación y en pruebas (Informe Mensual del Coordinador).

A la fecha de emisión de este reporte, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) posee 36.664,3 MW de capacidad instalada (potencia máxima bruta) para generar energía eléctrica, de los cuales 18.411,3 MW corresponden a centrales de Energía Renovable No Convencional (ERNC, clasificadas según la Ley 20.257). A continuación, se muestra el detalle por de esa capacidad según tecnología y por región de localización.



(Fuente: Reporte energético SEN (CEN 2024))

Dentro del total generado por energías renovables el mayor aporte lo generan sistemas solares, seguidos por sistemas eólicos. Esto demuestra el gran impacto y la amplia posibilidad que representan estos sistemas para el país.

4.5 Barreras específicas para PYMEs (evidencia y argumentos)

A partir del diagnóstico y la literatura, se identifica un conjunto de barreras que son particularmente relevantes para el sector PYME:

- **Costo inicial y acceso a financiamiento:** la inversión inicial sigue siendo la barrera principal.
- **Tenencia del inmueble (arrendamiento):** muchas PYMEs arriendan sus locales; esto genera el problema clásico inquilino–propietario, que desalienta

inversiones. Contratos tripartitos o incentivos fiscales al propietario son soluciones posibles.

- **Capacidad técnica y percepción de riesgo:** la falta de conocimiento técnico y la percepción de riesgos (mantenimiento, obsolescencia, rendimiento variable por clima) reducen la propensión a invertir. Estudios comparativos muestran que el nivel de información técnica se asocia positivamente con la adopción.

4.6 Conclusión

Para concluir, el sector eléctrico chileno atraviesa un momento de alta complejidad, marcado por un proceso de descongelamiento tarifario que está generando incrementos acumulados de hasta un 50 % en las cuentas eléctricas entre 2022 y 2025. Este fenómeno no solo afecta a los hogares, sino también a las pequeñas y medianas empresas (PYMES), cuya competitividad se ve directamente condicionada por los costos energéticos. Para muchas de ellas, la electricidad es un insumo estratégico: comercios, servicios, manufacturas y sectores intensivos en refrigeración o iluminación experimentan que los aumentos tarifarios repercuten inmediatamente en su estructura de costos, reduciendo márgenes de ganancia y capacidad de reinversión.

En paralelo, Chile dispone de una ventaja comparativa única: uno de los niveles de radiación solar más altos del mundo, lo que abre una ventana de oportunidad para que las PYMES avancen hacia la autogeneración limpia y descentralizada mediante sistemas fotovoltaicos. La transición energética, impulsada a nivel nacional, no solo responde a la meta de descarbonización, sino que también habilita un espacio de innovación en el que las empresas pueden convertirse en agentes activos de sostenibilidad y eficiencia, fortaleciendo su resiliencia frente a shocks tarifarios y, al mismo tiempo, mejorando su reputación ante consumidores cada vez más conscientes.

De esta manera, la caracterización del problema no se reduce a la constatación de un alza tarifaria que amenaza la viabilidad de las PYMES, sino que debe entenderse como una oportunidad estratégica: la transición energética mediante paneles solares puede transformar una amenaza en una fuente de ventaja competitiva. Evaluar la viabilidad económica de estas tecnologías, junto con explorar modelos de financiamiento, esquemas de leasing energético y subsidios estatales, permitirá diseñar rutas de adopción realistas y efectivas.

En consecuencia, esta investigación busca poner en el centro del análisis la posibilidad de que las PYMES chilenas se conviertan en protagonistas de la transición energética. Más allá de mitigar el impacto del aumento en los costos eléctricos, se trata de habilitar una transformación estructural que combine ahorro económico, reducción de riesgos, responsabilidad ambiental y posicionamiento estratégico en mercados donde la sostenibilidad se está consolidando como un factor diferenciador clave.

5. Metodología del trabajo

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-correlacional, orientado a examinar los factores que influyen en la adopción de sistemas de energía fotovoltaica por parte de PYMEs, así como los efectos posteriores en términos económicos, perceptuales y operacionales. Se utilizará una encuesta estructurada como instrumento principal de recogida de datos, la cual está dirigida a responsables o directivos de PYMEs que ya han implementado sistemas fotovoltaicos, y en algunos casos a aquellas que están en proceso de adopción.

El cuestionario se estructuró en cinco secciones: (1) Información general de la empresa (rubro, tamaño, ubicación, estado de adopción), (2) Motivaciones y factores de adopción, (3) Impacto y resultados de la adopción, (4) Satisfacción y recomendación, y (5) Comentarios abiertos y autorización para uso académico. Este diseño permite capturar variables independientes, moderadoras y dependientes para verificar el marco teórico que respalda las hipótesis planteadas.

5.1 Población y muestra

La población objetivo está compuesta por PYMEs ubicadas en Chile que han adoptado o están en proceso de adoptar un sistema de energía fotovoltaica (paneles solares). Se considerará también la variable de ubicación geográfica (si la empresa opera en la Región Metropolitana o en otra región), como una hipótesis adicional a evaluar. Se empleará un muestreo no probabilístico por conveniencia, contactando a las empresas mediante redes profesionales, asociaciones sectoriales y, cuando sea posible, a través de la difusión del enlace de la encuesta por parte de organismos vinculados al sector energético. Se estima recopilar un mínimo de 100 respuestas válidas para permitir análisis estadísticos significativos.

5.2 Variables e hipótesis

A continuación se presentan las hipótesis generalizadas que la investigación pretende contrastar, con sus correspondientes variables:

- H1: Las PYMEs con mayores beneficios percibidos (económicos y ambientales) presentan una mayor probabilidad de adoptar sistemas fotovoltaicos.
- H2: El nivel de conocimiento técnico sobre energías renovables influye positivamente en la decisión de adopción de paneles solares.
- H3: Las PYMEs que reciben asesoría o apoyo institucional (público o privado) tienen una mayor tasa de adopción de energía fotovoltaica.
- H4: El costo inicial de inversión percibido tiene un efecto negativo significativo sobre la intención de adopción de sistemas solares.
- H5: Las PYMEs con líderes organizacionales comprometidos con la sostenibilidad muestran mayor disposición a invertir en energía fotovoltaica.
- H6: La adopción de energía fotovoltaica tiene un impacto positivo en la reducción de costos operativos de las PYMEs.
- H7: Las PYMEs que han implementado paneles solares perciben una mejora en su imagen corporativa y responsabilidad social.
- H8: La rentabilidad percibida del proyecto fotovoltaico se relaciona positivamente con la satisfacción general del empresario respecto a la inversión.
- H9: Las PYMEs con mayor conciencia ambiental presentan una actitud más favorable hacia la inversión en tecnologías limpias.
- H10: La satisfacción con el funcionamiento del sistema fotovoltaico influye positivamente en la recomendación (boca a boca) hacia otras empresas del rubro.
- H11: La ubicación de la PYME en la Región Metropolitana (versus otras regiones) influye positivamente en la probabilidad de adopción de energía fotovoltaica, debido a una mayor disponibilidad de recursos, asesoría y redes de apoyo.
- H12: La facilidad de mantenimiento del sistema fotovoltaico (percepción de que el mantenimiento es sencillo) influye positivamente en la satisfacción con

la inversión y en la recomendación a otras empresas.

En el instrumento, cada hipótesis será operativizada mediante ítems medidos en escalas tipo Likert (por ejemplo, de 1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo). Las variables independientes incluyen percepción de beneficios, conocimiento técnico, apoyo institucional, liderazgo organizacional, costo inicial, conciencia ambiental, ubicación geográfica, y facilidad de mantenimiento. Las variables dependientes incluyen intención de adopción, adopción real, reducción de costos operativos, imagen corporativa, satisfacción del sistema, y recomendación a terceros.

5.3 Recolección de datos

El cuestionario se distribuirá en formato electrónico (por ejemplo, mediante un enlace de Google Forms). Se solicitará a los destinatarios participar de manera voluntaria y anónima, explicando que los datos serán utilizados únicamente para fines académicos y garantizando su confidencialidad. Se estimará un plazo de cuatro semanas para la recopilación de respuestas, con un recordatorio a mitad del período para aumentar la tasa de respuesta. Los datos se exportarán a un software estadístico (por ejemplo, SPSS o Excel) para su análisis.

5.4 Tratamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos mediante la encuesta serán procesados y analizados utilizando herramientas estadísticas y econométricas con el objetivo de contrastar las hipótesis planteadas. En una primera etapa, se realizará un **análisis descriptivo** para caracterizar la muestra según rubro, tamaño, ubicación geográfica y nivel de adopción de sistemas fotovoltaicos, empleando medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar) junto con distribuciones de frecuencia, con el fin de identificar patrones generales y posibles diferencias entre grupos.

Posteriormente, se aplicarán **análisis de correlación** para evaluar las relaciones entre variables relevantes, utilizando el coeficiente de **Pearson** en el caso de datos continuos con distribución normal y el de **Spearman** para variables ordinales. Estos resultados permitirán identificar asociaciones entre percepciones de beneficio, costo, conocimiento técnico y satisfacción con la inversión.

Para contrastar diferencias entre grupos, se realizarán **pruebas t de Student** (por ejemplo, entre PYMEs ubicadas en la Región Metropolitana y otras regiones) y **ANOVA**

para comparaciones entre múltiples categorías, considerando pruebas robustas como Welch o Kruskal-Wallis si no se cumplen los supuestos de homocedasticidad.

El análisis principal se basará en la estimación de un **modelo de regresión lineal múltiple (MCO)**, donde la variable dependiente será la **satisfacción con la adopción fotovoltaica**, explicada por variables como beneficios percibidos, costos, conocimiento técnico, apoyo institucional, liderazgo, conciencia ambiental, facilidad de mantenimiento y ubicación geográfica. En caso de analizar la decisión binaria de adopción (sí/no), se empleará un **modelo Logit o Probit** estimado por **Máxima Verosimilitud**, para modelar la probabilidad condicional de adopción según los mismos factores.

La interpretación se centrará en la **significancia estadística** de los coeficientes, la **bondad de ajuste (R^2)** y el **signo de los parámetros estimados**, utilizando un nivel de significancia del 5 %. Este tratamiento de datos permitirá identificar los determinantes más relevantes de la adopción y satisfacción con la energía fotovoltaica en PYMEs, proporcionando evidencia empírica sólida para la validación de las hipótesis y la formulación de conclusiones.

5.5 Consideraciones éticas

Se garantizará la participación voluntaria, el anonimato de los encuestados y la confidencialidad de la información. Los resultados serán presentados de manera agregada y ninguna empresa será identificada individualmente. Se informará a los participantes del propósito del estudio y se les dará la opción de autorizar el uso de sus respuestas.

5.6 Limitaciones

Al emplear un muestreo por conveniencia, los resultados no podrán generalizarse a toda la población de PYMEs que adopta energía fotovoltaica. Asimismo, se reconoce que las respuestas auto-reportadas pueden presentar sesgo de deseabilidad social. Estos factores serán considerados al momento de interpretar los hallazgos y al hacer recomendaciones.

6. Desarrollo

6.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo desarrollar el análisis empírico de la investigación, centrado en identificar los factores que influyen en la adopción de sistemas de energía fotovoltaica por parte de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) en Chile, así como los efectos percibidos de dicha adopción sobre la satisfacción, los costos operativos y la imagen corporativa. Este análisis se apoya tanto en el marco conceptual como en la revisión de antecedentes nacionales e internacionales presentados previamente.

Desde una perspectiva de gestión, la adopción de energía fotovoltaica representa una decisión estratégica que combina tres dimensiones fundamentales: eficiencia económica, responsabilidad ambiental y resiliencia empresarial. La primera se relaciona con la reducción de costos operativos y la posibilidad de estabilizar el gasto energético ante el actual contexto de descongelamiento tarifario. La segunda apunta a la contribución de las PYMEs al cumplimiento de los compromisos nacionales de descarbonización y a la construcción de una reputación corporativa sostenible. Finalmente, la tercera alude a la capacidad de las empresas de adaptarse a entornos económicos volátiles mediante la autogeneración y el control sobre su fuente de energía.

6.2 Enfoque conceptual y teórico

La literatura internacional sugiere que la decisión de adoptar energía solar en el sector PYME se explica por un conjunto de variables interdependientes. Estas variables se agrupan en cuatro dimensiones: económicas (costos de inversión, ahorro esperado, acceso a crédito), institucionales (apoyo público, asesorías técnicas, normativas), culturales (liderazgo organizacional y conciencia ambiental), y operacionales (facilidad de mantenimiento y disponibilidad de infraestructura).

Este marco teórico se fundamenta en modelos de adopción tecnológica, como la Teoría de la Difusión de Innovaciones de Rogers (**Rogers, (2003)**) el cual plantea que la decisión de adopción depende tanto de la percepción de utilidad como del control percibido y la influencia social. En el caso de la energía solar, la adopción implica no solo una decisión económica racional, sino también un componente actitudinal asociado a la sostenibilidad y la imagen corporativa.

6.3 Marco metodológico aplicado

El desarrollo de esta investigación combina un enfoque descriptivo y econométrico, orientado a identificar los factores que determinan la adopción de sistemas fotovoltaicos en PYMEs y a evaluar los efectos percibidos sobre la satisfacción y la rentabilidad. En la primera etapa, se realiza un análisis descriptivo de las empresas encuestadas, identificando patrones según rubro, tamaño y localización geográfica. En la segunda etapa, se aplican modelos econométricos que permitan contrastar las hipótesis planteadas y estimar la influencia de las variables explicativas sobre la decisión de adopción y los resultados percibidos.

Cuando la variable dependiente sea **continua** (por ejemplo, el nivel de satisfacción o la reducción porcentual de costos), se utilizará el **Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)**, expresado como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

donde Y_i representa la variable dependiente (por ejemplo, grado de satisfacción con la inversión), X_{ki} son las variables explicativas (como tamaño de empresa, monto invertido o apoyo institucional), β_k los coeficientes estimados y ε_i el término de error aleatorio.

Cuando la variable dependiente sea **dicotómica** (por ejemplo, decisión de adopción de energía solar: sí = 1, no = 0), se emplearán modelos **Logit** o **Probit**, que estiman la probabilidad condicional de adopción. En su forma general, estos modelos se expresan como:

$$P(Y_i = 1) = F(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})$$

donde $F(\cdot)$ corresponde a la función logística en el modelo Logit:

$$F(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

o a la función de distribución acumulada normal estándar en el modelo Probit:

$$F(z) = \Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$$

Estas especificaciones permiten calcular efectos marginales e interpretar la magnitud y dirección del impacto de cada variable explicativa sobre la probabilidad de adopción.

Además, se incorpora la variable geográfica como un factor de diferenciación, con el fin de evaluar si la localización en la Región Metropolitana —donde existe una mayor concentración de servicios y redes de apoyo— incrementa la probabilidad de adoptar tecnología fotovoltaica. Finalmente, variables como la facilidad de mantenimiento, el acceso a financiamiento y la percepción de rentabilidad se incluyen como factores operacionales y económicos que influyen tanto en la satisfacción post-instalación como en la disposición de las empresas a recomendar la tecnología a terceros.

Las hipótesis planteadas se contrastarán utilizando **pruebas de significancia estadística** sobre los coeficientes estimados en los modelos.

Para cada parámetro β_i , se aplicará una prueba t individual en el modelo MCO o una prueba z en los modelos Logit/Probit, bajo las hipótesis:

$H_0: \beta_i = 0$ (no existe relación significativa)

$H_1: \beta_i \neq 0$ (existe relación significativa entre la variable y la adopción/satisfacción)

El criterio de decisión se basará en el valor-p asociado a cada prueba, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Asimismo, se utilizarán pruebas globales de significancia, como la **prueba F** para el modelo MCO y la **prueba de razón de verosimilitud (Likelihood Ratio Test)** para los modelos Logit y Probit, con el objetivo de evaluar la validez general del modelo estimado.

En caso de cumplirse los supuestos de linealidad, homocedasticidad y normalidad de los residuos, los resultados permitirán interpretar de manera confiable la magnitud y dirección del impacto de cada variable explicativa sobre las variables dependientes. De esta forma, las pruebas de hipótesis proporcionarán evidencia empírica para aceptar o rechazar las relaciones planteadas en el marco conceptual, contribuyendo a validar las conclusiones sobre los determinantes de adopción y los beneficios percibidos de la energía solar en las PYMEs.

Por último, para el cálculo de rentabilidad de la inversión se utilizará una proyección del flujo de caja bajo distintos escenarios de cobertura energética del sistema fotovoltaico, contrastando el caso base o *Business as Usual* —sin paneles solares—

con cuatro escenarios alternativos que representan coberturas del 25%, 50%, 75% y 100% del consumo eléctrico anual de la empresa.

Para la proyección se consideran los siguientes supuestos:

1. Consumo eléctrico anual de **36.000 kWh**.
2. Tarifa eléctrica base de **\$1G0 CLP/kWh**.
3. Incremento anual de la tarifa de **3 %**.
4. Horizonte de evaluación de **10 años**.
5. Tasa de descuento del **10 %**.
6. Costos de inversión inicial de **\$4.000.000, \$7.000.000, \$G.500.000 y \$12.000.000**, respectivamente, según el nivel de cobertura del consumo.

El análisis financiero se realizará mediante la estimación del **Valor Presente Neto (VAN)** y la **Tasa Interna de Retorno (TIR)** para cada escenario.

El VAN se calcula con la fórmula general:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

donde FC_t representa el flujo neto de caja en el período t , r la tasa de descuento, n el número de períodos analizados, e I_0 la inversión inicial.

Por su parte, la **TIR** se define como la tasa de descuento r^* que iguala el valor presente de los flujos de caja futuros con el monto de la inversión inicial, cumpliendo la condición:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r^*)^t} - I_0$$

Asimismo, se calculará el **Valor Presente (VP)** de los ahorros energéticos para cada escenario, aplicando la expresión:

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+r)^t}$$

donde A_t corresponde al ahorro anual en costos de electricidad respecto al caso base con el fin de calcular cuanto es el consumo energético mínimo para que el proyecto sea rentable

La comparación entre escenarios permitirá determinar el punto de equilibrio económico y el horizonte de recuperación de la inversión, identificando el nivel de cobertura más eficiente para una PYME promedio bajo las condiciones tarifarias actuales. Se espera que los escenarios con mayor cobertura energética generen un VAN positivo y una TIR superior a la tasa de descuento, confirmando así la **viabilidad económica y ambiental de la adopción de paneles solares fotovoltaicos**.

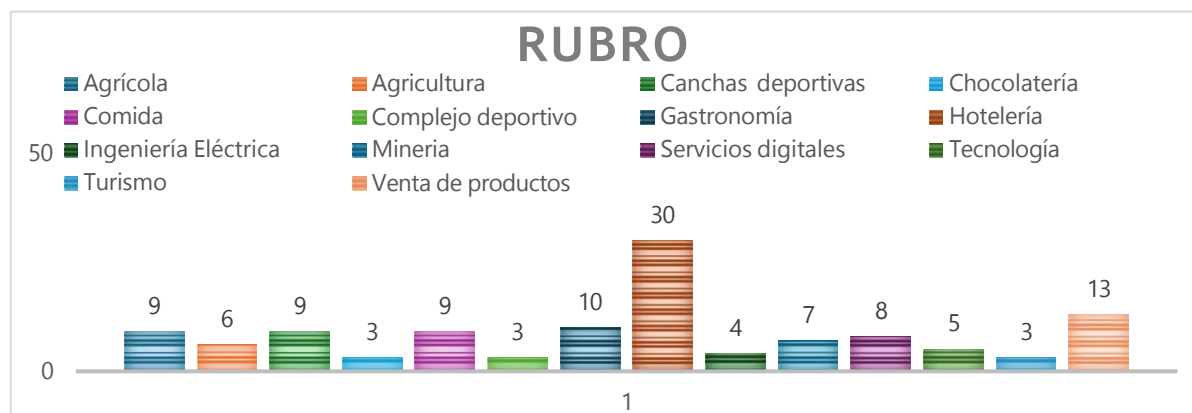
6.4 Resultados

6.4.1 Resultados demográficos

El presente apartado expone los principales resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a un conjunto de pequeñas y medianas empresas (PYMEs) que han incorporado sistemas de energía solar fotovoltaica. El objetivo de esta sección es describir las características demográficas de la muestra, su distribución por rubro, tamaño, ubicación geográfica y tipo de tecnología solar instalada, con el fin de contextualizar adecuadamente los análisis posteriores de percepción y adopción tecnológica.

6.4.1.1 Distribución por Rubro

La muestra presenta una composición heterogénea en términos del rubro económico al que pertenecen las empresas encuestadas. Se observa una predominancia del sector hotelero, lo cual es consistente con la alta adopción de tecnologías solares en actividades vinculadas al turismo y servicios de hospedaje. Otros rubros relevantes incluyen gastronomía, minería, servicios digitales, comercio y actividades agrícolas.

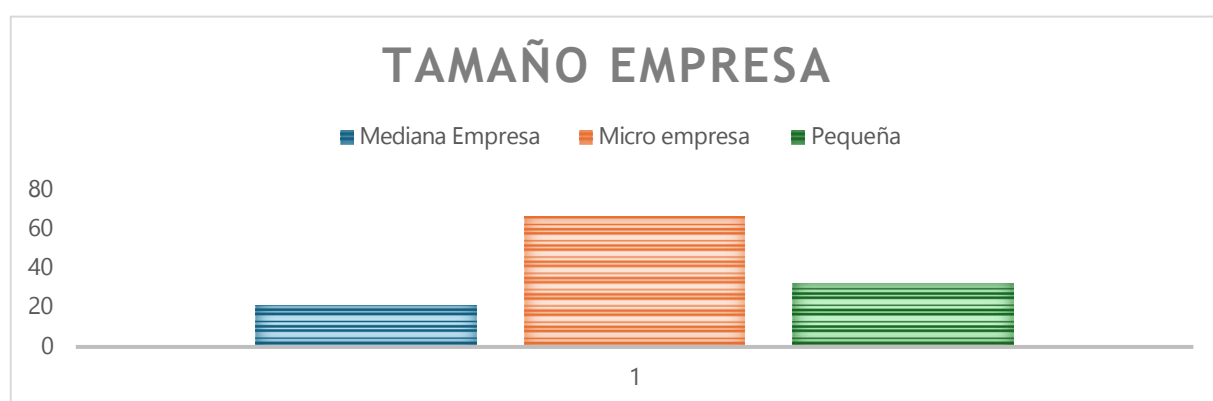


(Elaboración propia)

Este gráfico permite observar claramente la presencia mayoritaria del rubro hotelero, seguido de otras actividades de servicios y productivas. La diversidad de rubros contribuye a que los resultados del estudio reflejen distintas realidades operacionales y niveles de consumo energético.

6.4.1.2 Distribución por Tamaño de la empresa

En términos de tamaño (según ventas anuales en UF), la muestra está compuesta principalmente por micro y pequeñas empresas, con una menor proporción de empresas medianas. Esta distribución es coherente con la realidad nacional, donde la mayoría del tejido empresarial corresponde a unidades económicas de menor escala.

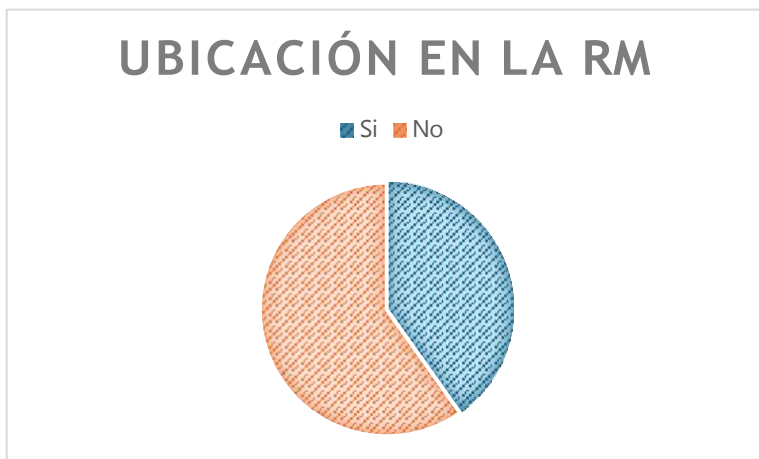


(Elaboración propia)

El predominio de empresas de menor tamaño resulta relevante para comprender la percepción de beneficios económicos y el peso relativo de la inversión inicial, considerando que para este segmento los costos energéticos representan una proporción significativa de sus gastos operacionales.

6.4.1.3 Distribución por Ubicación geográfica

Respecto a la localización, aproximadamente el 60% de las PYMEs encuestadas se encuentra fuera de la Región Metropolitana, mientras que el 40% opera dentro de ella. Esta distribución permite capturar una mayor diversidad territorial y evaluar diferencias relacionadas con disponibilidad de recursos solares, acceso a programas de apoyo y costos energéticos regionales.

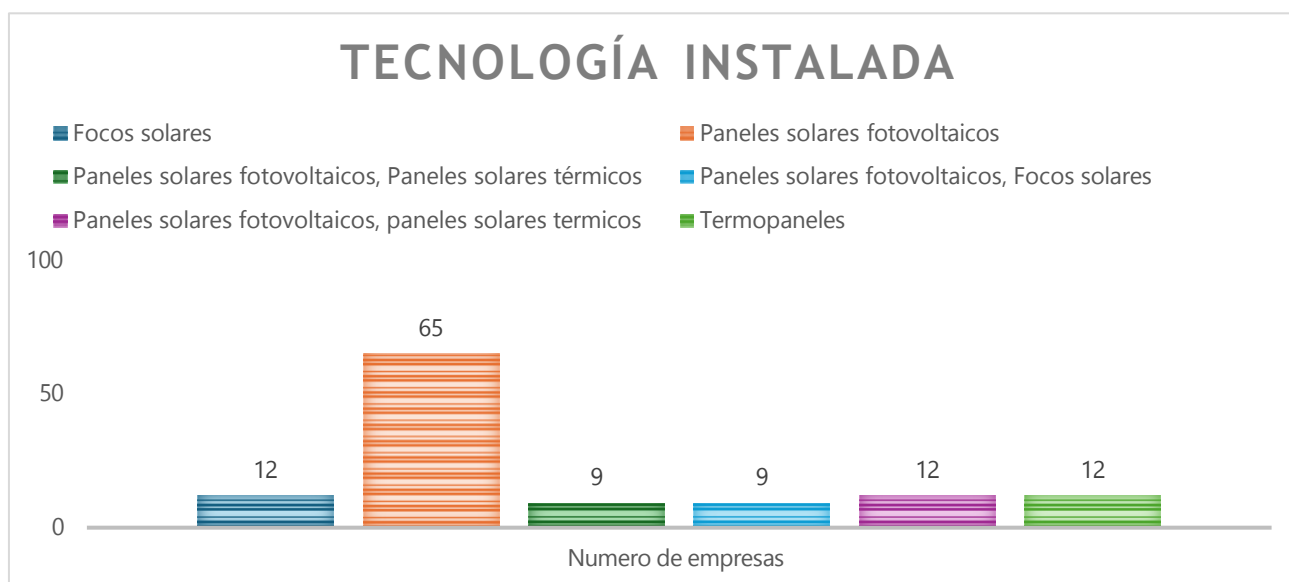


(Elaboración propia)

La inclusión de empresas de distintas zonas del país aporta una perspectiva más amplia sobre la adopción de sistemas solares y su impacto en distintos contextos productivos.

6.4.1.4 Distribución por tecnología instalada

En relación con la tecnología utilizada, la mayoría de las empresas declara contar con paneles solares fotovoltaicos como principal sistema de generación energética. Una proporción menor reporta el uso de tecnologías térmicas o híbridas (combinación de sistemas). Asimismo, algunas PYMEs incorporan sistemas de almacenamiento mediante baterías, lo cual indica un mayor nivel de inversión e independencia energética.



(Elaboración propia)

La predominancia de la tecnología fotovoltaica coincide con su mayor disponibilidad comercial, madurez tecnológica y beneficios económicos demostrados frente a otras alternativas solares.

6.4.1.5 Conclusiones

En conjunto, los resultados demográficos de la muestra permiten observar un conjunto de empresas caracterizado por:

- Predominio de micro y pequeñas empresas.
- Alta participación del rubro hotelero, seguido de otros sectores de servicios y comercio.
- Mayor presencia de empresas ubicadas fuera de la Región Metropolitana.
- Preferencia por tecnologías solares fotovoltaicas como principal mecanismo de autogeneración energética.

Estas características generales permiten contextualizar los análisis posteriores de percepciones, satisfacción y modelos estadísticos, ya que influyen directamente en el tipo de beneficios esperados, la disponibilidad de recursos y la capacidad de inversión de las PYMEs encuestadas.

6.4.2 Resultados estadísticos

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos obtenidos a partir del procesamiento de las encuestas y de la estimación de los modelos estadísticos en RStudio. Se incluyen los estadísticos descriptivos de las variables de percepción, la matriz de correlaciones y los modelos de regresión lineal utilizados para evaluar las relaciones entre las variables del estudio.

6.4.2.1 Estadísticos descriptivos

Se calcularon los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en los modelos, incluyendo: beneficios económicos percibidos, conocimiento técnico, apoyo institucional, costo inicial como barrera, reducción de costos energéticos, retorno de la inversión, satisfacción y recomendación. Para cada variable se obtuvieron sus valores de media, desviación estándar, mínimo y máximo.

Variable	n	Media	Desv. Est.	Mediana	Mín	Máy
Beneficios económicos percibidos	119	3.34	1.25	3	1	5
Conocimiento técnico previo	119	2.88	1.11	3	1	5
Apoyo / asesoría institucional	119	3.42	1.15	3	1	5
Costo inicial percibido como barrera	119	3.56	1.16	4	1	5
Reducción de costos energéticos percibida	119	3.44	1.17	4	1	5
Retorno de la inversión percibido (ROI)	119	3.50	1.21	4	1	5
Satisfacción con el sistema fotovoltaico	119	3.36	1.47	4	1	5
Recomendación del sistema	119	3.59	1.31	4	2	5

(Elaboración propia)

Los estadísticos descriptivos permiten identificar la tendencia central y variabilidad de las percepciones asociadas al sistema fotovoltaico. En general, las variables presentan promedios entre 3.3 y 3.6 en una escala de 1 a 5, lo que indica evaluaciones mayoritariamente positivas. La desviación estándar, cercana a 1 en la mayoría de los casos, sugiere una dispersión moderada en las respuestas, reflejando diferencias en las experiencias de las PYMEs. Las variables con mayores valores medios, como reducción de costos y recomendación, anticipan una valoración favorable del sistema, mientras que conocimiento técnico presenta el promedio más bajo, evidenciando una posible brecha informacional inicial en el proceso de adopción.

6.4.2.2 Matriz de correlaciones

Se elaboró una matriz de correlaciones entre las principales variables de percepción con el fin de identificar niveles de asociación entre ellas. La matriz contiene los coeficientes de correlación de Pearson para todas las combinaciones de variables consideradas en los modelos.

Variable	benef	know	support	cost_barrier	cost_reduct	roi	satisf	recomend
benef	—	0.309	0.563	-0.254	0.588	0.389	0.645	0.659
know	0.309	—	0.205	-0.315	0.268	0.195	0.410	0.344

Variable	benef	know	support	cost_barrier	cost_reduct	roi	satisf	recomend
support	0.563	0.205	—	-0.0773	0.633	0.596	0.661	0.697
cost_barrier	-0.254	-0.315	-0.0773	—	-0.164	-0.0376	-0.339	-0.191
cost_reduct	0.588	0.268	0.633	-0.164	—	0.770	0.778	0.771
roi	0.389	0.195	0.596	-0.0376	0.770	—	0.693	0.703
satisf	0.645	0.410	0.661	-0.339	0.778	0.693	—	0.876
recomend	0.659	0.344	0.697	-0.191	0.771	0.703	0.876	—

(Elaboración propia)

La matriz de correlaciones evidencia patrones claros entre las variables de percepción. Se observan asociaciones positivas elevadas entre reducción de costos energéticos, ROI, satisfacción y recomendación ($r > 0.70$), lo cual indica que estas dimensiones se refuerzan mutuamente. Es decir, empresas que perciben mayor ahorro y mejor retorno financiero tienden también a reportar mayor satisfacción e intención de recomendar el sistema. Las correlaciones moderadas entre beneficios económicos, apoyo institucional y satisfacción sugieren que estos factores también están vinculados, aunque con menor intensidad. Por otro lado, el costo inicial como barrera presenta correlaciones negativas con casi todas las variables, reflejando que una percepción alta de dificultad financiera se asocia a menores niveles de satisfacción y recomendación. En conjunto, los valores entregan una base sólida para los modelos posteriores.

6.4.2.3 Modelo de regresión lineal múltiple

Se estimó un modelo de regresión lineal múltiple con el objetivo de analizar la relación entre la variable dependiente “satisfacción” y las variables independientes: beneficios económicos percibidos, conocimiento técnico, apoyo institucional, costo inicial como barrera, reducción de costos energéticos y retorno de la inversión. El modelo incluye los coeficientes estimados, errores estándar, valores t, valores p, número de observaciones y parámetros de ajuste (R^2 y R^2 ajustado).

=====

Dependent variable: satisf

	Coeficiente	(Error Est.)
benef	0.221***	(0.074)
know	0.173**	(0.067)
support	0.223***	(0.084)
cost_barrier	-0.226***	(0.063)

cost_reduct	0.366***	(0.107)
roi	0.314***	(0.093)
Constant	-0.190	(0.400)

Observations	119	
R ²	0.758	
Adjusted R ²	0.745	
Residual Std. Error	0.740 (df = 112)	
F Statistic	58.553*** (df = 6; 112)	
=====		

Note: * p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01
(Elaboración propia)

El modelo de satisfacción muestra que todos los predictores incluidos son estadísticamente significativos y presentan los signos esperados. Los coeficientes más altos corresponden a reducción de costos energéticos ($\beta = 0.366$) y retorno de la inversión ($\beta = 0.314$), lo que revela que la percepción de ahorro y rentabilidad constituye el principal determinante de la satisfacción con el sistema fotovoltaico. Beneficios económicos, apoyo institucional y conocimiento técnico también influyen positivamente, lo que evidencia que dimensiones informacionales y de acompañamiento son relevantes. En contraste, el costo inicial como barrera ejerce un efecto negativo ($\beta = -0.226$), confirmando que la inversión requerida sigue siendo un factor crítico. El poder explicativo del modelo es elevado ($R^2 = 0.758$), indicando que más del 75% de la variación en la satisfacción se explica por estas variables, lo cual valida la consistencia interna del modelo.

6.4.2.4 Modelo de regresión lineal simple

Se estimó un modelo de regresión lineal simple para analizar la relación entre la satisfacción y la recomendación del sistema. El modelo incluye los coeficientes estimados, errores estándar, valores t, valores p, número de observaciones y parámetros de ajuste (R^2 y R^2 ajustado).

Dependent variable:		
recomend		
	Coefficiente	(Error Est.)
satisf	0.784***	(0.040)
Constant	0.953***	(0.146)
Observations	119	
R ²	0.768	
Adjusted R ²	0.766	
Residual Std. Error	0.634 (df = 117)	
F Statistic	387.421*** (df = 1; 117)	
Note: * p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01		

(Elaboración propia)

El modelo de recomendación evidencia una relación fuerte y altamente significativa entre la satisfacción y la intención de recomendar el sistema fotovoltaico. El coeficiente de satisfacción ($\beta = 0.784$) es elevado, lo que indica que un incremento en la satisfacción se traduce casi proporcionalmente en una mayor recomendación. El R^2 del modelo alcanza 0.768, por lo que la satisfacción explica aproximadamente el 77% de la variación en la recomendación, un valor excepcionalmente alto para un modelo de este tipo. El intercepto positivo ($\beta = 0.953$) indica que incluso a niveles bajos de satisfacción existe una tendencia basal a recomendar, aunque es la satisfacción el factor determinante del boca a boca empresarial.

6.4.2.5 Conclusión

Los resultados obtenidos muestran que la adopción de sistemas fotovoltaicos genera beneficios concretos para las PYMEs, especialmente en términos de reducción de costos operacionales y percepción de retorno de la inversión. Estos elementos son los principales determinantes de satisfacción y recomendación, lo que sugiere que la implementación de paneles solares es una decisión estratégica con alto potencial para fortalecer la competitividad de empresas de menor escala. Para los gerentes de PYMEs, esto implica que la inversión en tecnología solar no solo contribuye a disminuir el riesgo asociado al alza de tarifas eléctricas, sino que también otorga

estabilidad presupuestaria y mejora la imagen corporativa frente a clientes y colaboradores. En consecuencia, se recomienda evaluar la adopción de sistemas solares como una medida de gestión empresarial orientada al ahorro, la sostenibilidad y la resiliencia operativa.

Desde la perspectiva pública, los resultados indican que el costo inicial de inversión continúa siendo una barrera significativa, aun entre empresas que finalmente adoptaron el sistema. Esto refuerza la necesidad de fortalecer programas de financiamiento accesible, subsidios y mecanismos de apoyo técnico para reducir la percepción de riesgo y facilitar la toma de decisiones informadas. La fuerte relación entre apoyo institucional y satisfacción sugiere que las políticas que integran acompañamiento técnico, asesoría y guías de implementación son altamente efectivas. Por lo tanto, se recomienda ampliar los planes de financiamiento público-privado, potenciar líneas de crédito preferenciales y simplificar los procesos de postulación a subsidios. Estas medidas permitirían acelerar la adopción de energías renovables en el sector PyME y contribuirían al cumplimiento de metas nacionales de transición energética y descarbonización.

6.4.3 Resultados evaluación financiera

La evaluación financiera se efectuó mediante la comparación entre el escenario base (sin paneles solares) y cuatro alternativas de cobertura fotovoltaica: 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. Para cada caso se estimaron los ahorros anuales derivados de la autogeneración, los flujos netos comparativos respecto al escenario sin paneles y, finalmente, se calcularon el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto. A continuación, se presentan los resultados obtenidos y una breve descripción del procedimiento utilizado en cada cálculo.

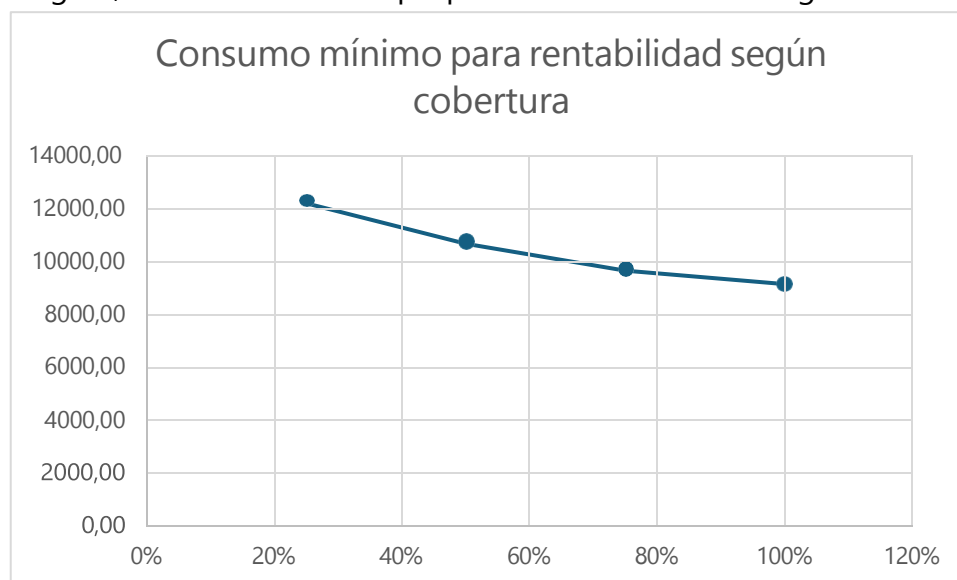
6.4.3.1 Cálculo de consumo mínimo (punto de equilibrio energético)

El primer análisis consistió en determinar el **consumo mínimo anual necesario** para que cada nivel de cobertura alcance un VAN igual a cero. Este valor se obtuvo aplicando la relación:

$$\text{Consumo mínimo} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Cobertura} \cdot \text{Tarifa base} \cdot S}$$

donde S corresponde a la suma del **factor de valor presente**, que incorpora el crecimiento tarifario y la tasa de descuento. Un consumo mayor al mínimo implica que el proyecto genera ahorros suficientes para cubrir la inversión inicial.

Los resultados muestran que, a mayor cobertura, menor es el consumo mínimo exigido, debido al aumento proporcional del ahorro energético.



(elaboración propia)

6.4.3.2 Cálculo del flujo de gastos con y sin paneles

Posteriormente, se analizaron los flujos comparativos entre el escenario base y cada nivel de cobertura, observándose una reducción progresiva del gasto total para la empresa a medida que aumenta la proporción de energía autogenerada. Este comportamiento es coherente con el incremento sostenido de la tarifa eléctrica a lo largo del período, lo cual amplifica la ventaja económica de desplazar consumo desde la red hacia generación propia.

Para cada año del horizonte de evaluación se estimó el gasto eléctrico en dos escenarios:

1. Sin paneles solares:

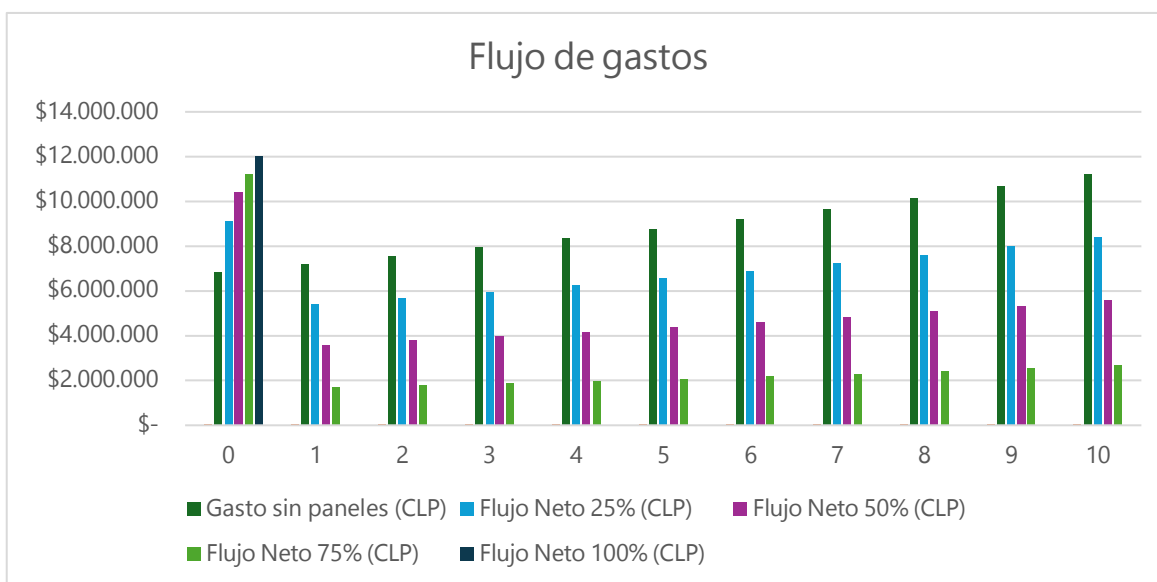
$$\text{Gasto}_{\text{base}} = \text{Consumo anual} \times \text{Tarifa}_t$$

donde la tarifa crece anualmente según el incremento estipulado.

2. Con paneles solares:

$$\text{Gasto}_{\text{con paneles}} = (\text{Consumo anual} \times (1 - \text{Cobertura})) \times \text{Tarifa}_t$$

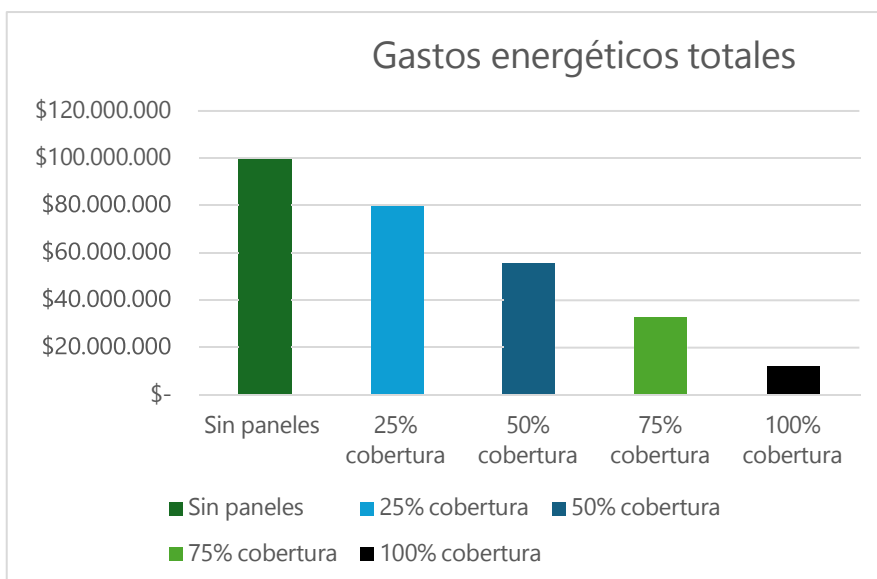
La diferencia entre ambos constituye el **ahorro energético** de cada escenario. Estos valores se utilizaron para construir los flujos comparativos.



(elaboración propia)

6.4.3.3 Cálculo de los gastos energéticos totales acumulados

Al evaluar el costo acumulado de cada escenario durante los diez años analizados, se observa que todas las alternativas con paneles solares presentan gastos totales significativamente menores que el caso base, con reducciones que se amplifican conforme aumenta la cobertura del sistema fotovoltaico.



(elaboración propia)

6.4.3.4 Cálculo del VAN y del flujo comparativo descontado

Para estimar el VAN se construyó un **flujo comparativo**, definido como:

$$\text{Flujo comparativo}_t = -\text{Inversión inicial} + (\text{Gasto base}_t - \text{Gasto con paneles}_t)$$

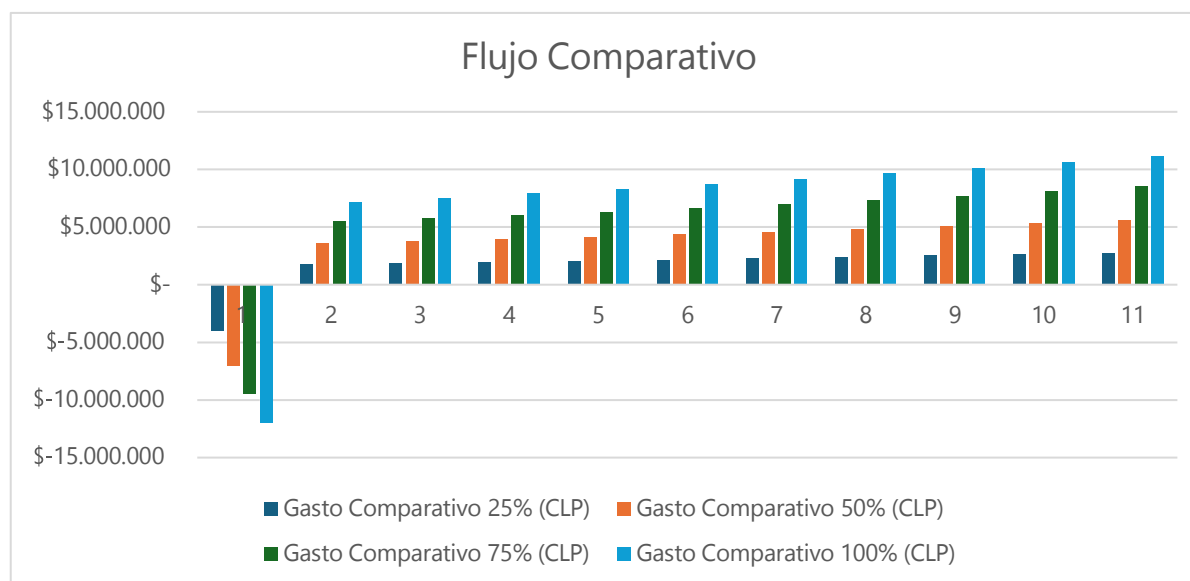
Cada flujo anual fue descontado mediante:

$$\frac{\text{Flujo comparativo}_t}{(1 + d)^t}$$

La suma de los flujos descontados permite obtener el **VAN**, que indica la rentabilidad económica del proyecto respecto a la tasa de descuento utilizada.

Los resultados son los siguientes:

- **25 % cobertura:** ahorro descontado de \$15.687.310 y **TIR = 46 %**.
- **50 % cobertura:** ahorro descontado de \$30.374.621 y **TIR = 55 %**.
- **75 % cobertura:** ahorro descontado de \$45.207.185 y **TIR = 62 %**.
- **100 % cobertura:** ahorro descontado de \$58.749.242 y **TIR = 64 %**.



(elaboración propia)

En conjunto, los cuatro escenarios presentan **VAN positivo y TIR superior a la tasa de descuento**, lo que confirma que **todas las alternativas son financieramente viables**. No obstante, la tendencia muestra que las coberturas más altas generan retornos más significativos, debido a la mayor proporción de energía desplazada desde la red y al impacto creciente de la tarifa eléctrica en el horizonte de evaluación. De este modo, los resultados respaldan la conveniencia económica de avanzar hacia

niveles elevados de autogeneración cuando la capacidad de inversión de la empresa lo permita.

6.4.3.5 Limitaciones del análisis financiero

Si bien los resultados obtenidos permiten evaluar la rentabilidad del proyecto fotovoltaico bajo distintos niveles de cobertura energética, es importante reconocer una serie de limitaciones inherentes a los supuestos, métodos y datos utilizados. Estas limitaciones no invalidan los resultados, pero sí condicionan su interpretación y sugieren precaución al extrapolar los hallazgos a otros contextos empresariales o temporales.

En primer lugar, el análisis asume que la **tarifa eléctrica evoluciona con un crecimiento anual constante**, cuando en la práctica los precios de la electricidad pueden variar por factores regulatorios, estacionales, de oferta y demanda, o por ajustes extraordinarios como los observados durante el proceso de descongelamiento tarifario. Por tanto, cambios futuros en la regulación o en las políticas de estabilización podrían modificar los beneficios proyectados.

En segundo lugar, la estimación de ahorros no incorpora explícitamente **costos de operación y mantenimiento (O&M)** del sistema fotovoltaico, tales como limpieza, reemplazo de componentes menores, monitoreo o revisiones técnicas periódicas. Aunque estos costos suelen ser bajos, su omisión tiende a **sobreestimar ligeramente el VAN y la TIR** de los escenarios evaluados. De igual forma, no se consideró la **degradación anual de los paneles**, que reduce gradualmente la producción energética a razón de aproximadamente 0,5–1 % por año en sistemas típicos.

En tercer lugar, el modelo presupone que la energía generada es **completamente autoconsumida** y que no existen restricciones técnicas en la inyección a la red. En algunos casos, la infraestructura local, los límites de netbilling, o la variabilidad horaria del consumo podrían reducir el aprovechamiento efectivo de la energía generada, afectando el nivel real de ahorro económico.

Asimismo, el análisis financiero no incorpora aspectos como la **inflación general**, variaciones en tasas de descuento, cambios en condiciones de financiamiento, acceso a créditos verdes o la eventual disponibilidad de subsidios estatales. Cualquier modificación en estas variables puede alterar los retornos estimados, especialmente en escenarios de alta inversión inicial.

Otro elemento relevante es que los cálculos se construyen bajo la premisa de un **consumo eléctrico estable** en el tiempo. Sin embargo, las PYMEs pueden

experimentar fluctuaciones en su demanda debido a cambios operacionales, crecimiento del negocio, estacionalidad o incorporación de nueva maquinaria, lo que podría modificar sustancialmente la rentabilidad observada.

Finalmente, las simulaciones no consideran riesgos externos, tales como interrupciones en el suministro solar, eventos climáticos atípicos, fallas técnicas o variaciones inusuales en la radiación anual. Aunque poco frecuentes, estas contingencias pueden afectar temporalmente la producción fotovoltaica y, por ende, los flujos económicos proyectados.

En síntesis, las limitaciones señaladas subrayan que los resultados obtenidos deben interpretarse como **estimaciones basadas en condiciones controladas**, útiles para evaluar la viabilidad económica del proyecto, pero sujetas a incertidumbre en escenarios reales. Una extensión futura de este análisis podría incorporar modelos de sensibilidad y riesgo que permitan explorar el impacto de variaciones en los principales parámetros del proyecto.

7. Conclusiones

El análisis integral realizado en esta investigación permite comprender de manera amplia y coherente los factores que condicionan la adopción de sistemas fotovoltaicos en PYMEs chilenas, combinando evidencia descriptiva, estadística y financiera. Los resultados muestran que la energía solar constituye una alternativa económicamente viable, estratégicamente beneficiosa y socialmente valorada, especialmente en el contexto del alza tarifaria posterior al descongelamiento de precios.

Desde el **análisis descriptivo**, las PYMEs encuestadas destacan principalmente los beneficios económicos —coherente con lo señalado por Hancevic y Sandoval (2023), quienes identifican la percepción de rentabilidad como un factor clave de adopción— junto con elementos no monetarios como la sostenibilidad, la imagen corporativa y la autonomía energética. Las barreras más frecuentes, tales como la falta de información técnica, los costos iniciales y la necesidad de asesoría especializada, se alinean con los diagnósticos institucionales desarrollados por la Agencia de Sostenibilidad Energética (2023–24), que enfatizan la relevancia del acompañamiento técnico para reducir la incertidumbre empresarial.

En cuanto a la **evaluación estadística**, los modelos aplicados confirman la significancia de variables como beneficios percibidos, conocimiento técnico, apoyo institucional y facilidad de mantenimiento. Estas conclusiones coinciden con la literatura internacional que resalta la influencia de factores económicos y cognitivos en la adopción tecnológica (IEA, 2022; NREL, 2023). Asimismo, se valida el rol de la

recomendación entre pares, coherente con la teoría de difusión de innovaciones de Rogers (2003), donde la experiencia exitosa de usuarios tempranos impulsa la expansión de tecnologías limpias.

Complementariamente, los resultados dialogan con los hallazgos de Amann y Grover (2023), quienes demuestran que los aumentos tarifarios afectan directamente la competitividad de las empresas, mientras que aquellas que incorporan autogeneración logran mitigar este impacto. En este sentido, las percepciones de vulnerabilidad energética observadas en la muestra son consistentes con el panorama descrito por el Coordinador Eléctrico Nacional (2024), que evidencia un escenario de creciente dependencia de precios volátiles y restricciones de transmisión.

La **evaluación financiera** refuerza estos resultados al demostrar que los cuatro escenarios de cobertura energética —25 %, 50 %, 75 % y 100 %— generan **VAN positivo y TIR superior a la tasa de descuento**, incluso bajo supuestos conservadores. Este hallazgo es consistente con estudios comerciales como Helius (2024), que indican retornos típicos entre 6 y 8 años para instalaciones PYME. Además, el cálculo del punto de equilibrio energético muestra que los consumos mínimos requeridos para rentabilizar el proyecto son significativamente menores al consumo real de la PYME promedio, lo que evidencia un amplio margen de viabilidad. Las coberturas más altas exhiben mayor rentabilidad, debido a su capacidad para desplazar una porción más significativa del gasto eléctrico, cuyo aumento sostenido coincide con los escenarios tarifarios proyectados por la CNE y la literatura reciente.

En síntesis, la integración de los tres enfoques permite concluir que la adopción de sistemas fotovoltaicos en PYMEs chilenas no solo es técnicamente viable, sino también estratégica y financieramente conveniente. La evidencia muestra que la energía solar actúa como un mecanismo eficaz para mitigar la volatilidad tarifaria, mejorar la estabilidad financiera y fortalecer el posicionamiento corporativo. No obstante, barreras como el acceso a financiamiento, el desconocimiento técnico y la complejidad regulatoria —documentadas en múltiples estudios nacionales e internacionales— continúan limitando la masificación de esta tecnología.

Por lo tanto, los resultados obtenidos no solo justifican la adopción solar a nivel empresarial, sino que también respaldan la necesidad de fortalecer instrumentos públicos y privados orientados a capacitación, financiamiento accesible y asesoría especializada, con el fin de impulsar una transición energética empresarial sostenible y de alto impacto para el desarrollo económico nacional.

8. Futuras investigaciones en el área

A partir de los resultados obtenidos, se identifican diversas líneas relevantes para futuras investigaciones. En primer lugar, sería valioso desarrollar **estudios longitudinales** que permitan observar el desempeño real de los sistemas fotovoltaicos en PYMEs a lo largo del tiempo, incorporando factores como degradación de paneles, variabilidad estacional de radiación y cambios operativos en las empresas. Estos estudios permitirían contrastar las proyecciones financieras con resultados empíricos.

Asimismo, existe un espacio importante para analizar de manera comparativa **modelos de financiamiento alternativos**, tales como contratos PPA, leasing energético o créditos verdes. Dado que el costo inicial continúa siendo una de las principales barreras para la adopción solar, evaluar estos instrumentos permitiría identificar cuáles generan mayor impacto y accesibilidad para el segmento PYME.

Otra línea de interés corresponde a la aplicación de **modelos predictivos**, que permitan estimar la probabilidad de adopción según características empresariales, territoriales y económicas. Esto permitiría optimizar el diseño de políticas públicas e identificar segmentos con mayor potencial de autogeneración. En paralelo, sería pertinente ampliar el análisis regional, dado que la radiación solar, la disponibilidad de instaladores y la estructura productiva varían significativamente entre territorios.

En el ámbito técnico–económico, futuras investigaciones podrían incorporar **análisis de riesgo** mediante simulaciones de sensibilidad o modelos probabilísticos que evalúen el impacto de shocks tarifarios, cambios regulatorios o fluctuaciones en el costo de los equipos. Finalmente, se sugiere explorar la integración de sistemas fotovoltaicos con **tecnologías complementarias**, como almacenamiento energético o gestión inteligente de la demanda, lo cual podría potenciar la eficiencia y resiliencia energética de las empresas.

En conjunto, estas líneas de investigación permitirían profundizar la evidencia disponible y apoyar el diseño de políticas y estrategias que faciliten la masificación de la energía solar en el sector PYME, fortaleciendo su competitividad y sostenibilidad en el largo plazo.

6. Bibliografía

Agencia de Sostenibilidad Energética. (2023). *Reporte AgenciaSE 2023-24*. Santiago de Chile: AgenciaSE. https://sfo3.digitaloceanspaces.com/agenciase/sitio-agencia/wp-content/uploads/Reporte-AgenciaSE-2023-24_compressed.pdf

Amann, J., C Grover, A. (2023). *The Effects of Energy Prices on Firm Competitiveness: Evidence from Chile (Policy Research Working Paper No. 1043c)*. Washington, D.C.: World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099507105082329730/idu0a035eb5007d3a045d709c4f08d4a72bf5aee>

Americas Quarterly. (2024). *Chile's Electricity Rate Debacle Has Lessons for Latin America*. <https://www.americasquarterly.org/article/chiles-electricity-rate-debacle-has-lessons-for-latin-america>

Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (n.d.). *Subsidio transitorio al consumo eléctrico*. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio%2F10221%2F36236%2F1%2FBCN_Subsidio_transitorio_al_consumo_electrico.pdf

Casa Solar. (n.d.). *Programa de apoyo a instalaciones residenciales*. <https://www.casasolar.cl>

Comisión Nacional de Energía (CNE). (2019). *Norma Técnica Netbilling*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/08/Norma-T%C3%A9cnica-Netbilling-2019.pdf>

Comisión Nacional de Energía (CNE). (2024). *Boletín Estadístico de Tarifas Eléctricas*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. <https://www.cne.cl>

Comisión Nacional de Energía (CNE). (2025). *Fijaciones 2025 y tarifa nudo promedio*. <https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/precio-nudo-promedio/fijaciones-2025/>

Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). (2020). *Reporte Energético SEN - Diciembre 2020*. Santiago de Chile: CEN. <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2020/12/Reporte-Energético-Dic20.pdf>

Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). (2022). *Reporte Energético SEN - Diciembre 2022*. Santiago de Chile: CEN. <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2022/12/CEN-Reporte-Energetico-SEN-dic22.pdf>

Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). (2024). *Reporte Energético SEN - Diciembre 2024*. Santiago de Chile: CEN. https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/12/CEN_Reporte_Energetico_SEN_Dic24.pdf

Enel Chile. (n.d.). *Netbilling: explicación práctica*. <https://www.enel.cl/es/clientes/tarifas-y-regulacion/generacion-distribuida-netbilling.html>

Enel X Store. (2024). *Kit fotovoltaico sin batería 4,72 kWp*. <https://www.enelxstore.com/cl/es/e-shop/energia-solar/kits-fotovoltaicos-sin-bateria>

Helius. (2024). *Estimaciones de costos instalados: ¿Cuánto cuesta instalar paneles solares en tu casa?* <https://www.helius.cl/paneles-fotovoltaicos/cuanto-cuesta-instalar-paneles-solares-en-tu-casa>

Hancevic, P. I., C Sandoval, H. H. (2023). *Solar Panel Adoption in SMEs in Emerging Countries (Documento RedNIE N° 222)*. RedNIE.

International Energy Agency (IEA). (2022). *Renewables 2022*. Paris: OECD/IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>

Ministerio de Energía de Chile. (2023). *Plan de Expansión de la Ley de Política Energética (PELP) 2023-2027*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pelp2023-2027_informe_final.pdf

Ministerio de Energía de Chile. (2024). *Programa “Ponle Energía a tu Pyme”*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. <https://energia.gob.cl/noticias/antofagasta/ponle-energia-tu-pyme-programa-del-ministerio-de-energia-que-busca-apoyar-al-sector-productivo>

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2023). *Solar Research*. Golden, CO: U.S. Department of Energy. <https://www.nrel.gov/research/re-solar>

PV-Tech. (2024). *Chile curtailed c TWh of solar PV and wind power in 2024*. <https://www.pv-tech.org/chile-curtailed-6twh-of-solar-pv-and-wind-power-in-2024>

ResearchGate. (2024). *Mapa de radiación solar en Chile*. https://www.researchgate.net/figure/Map-of-Chile-showing-solar-radiation-distribution-26-and-the-Chilean-solar-climate_fig1_383734715

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (59 ed.). New York: Free Press.

Solargis. (n.d.). *Free maps and GIS data - Chile*. <https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data?locality=chile>

Solartek. (2024). *Kit fotovoltaico 3000W on-grid con instalación completa*. <https://www.solartek.cl/tienda/kit-on-grid-con-instalacion-completa-incluida/kit-fotovoltaico-3000w-on-grid>

Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). (2024). *RGR N°01/2024 (Instrucción técnica)*. https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2025/01/RGR-N-01-2024_v8-Destacada.pdf

Tienda TecnoRed. (2024). *Kit híbrido 3,4 kWp + batería 5 kWh*. <https://www.tiendatecnored.cl/kit-solar-on-grid-3-4-kwp-con-bateria-5kwh-y-estructura-montaje-paneles.html>

U.S. Department of Energy. (2023). *Solar Photovoltaic Technology Basics*. Washington, D.C.: U.S. DOE. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>

–

6.1 Ane:os gráficos

Grafico de coeficientes del modelo de satisfacción

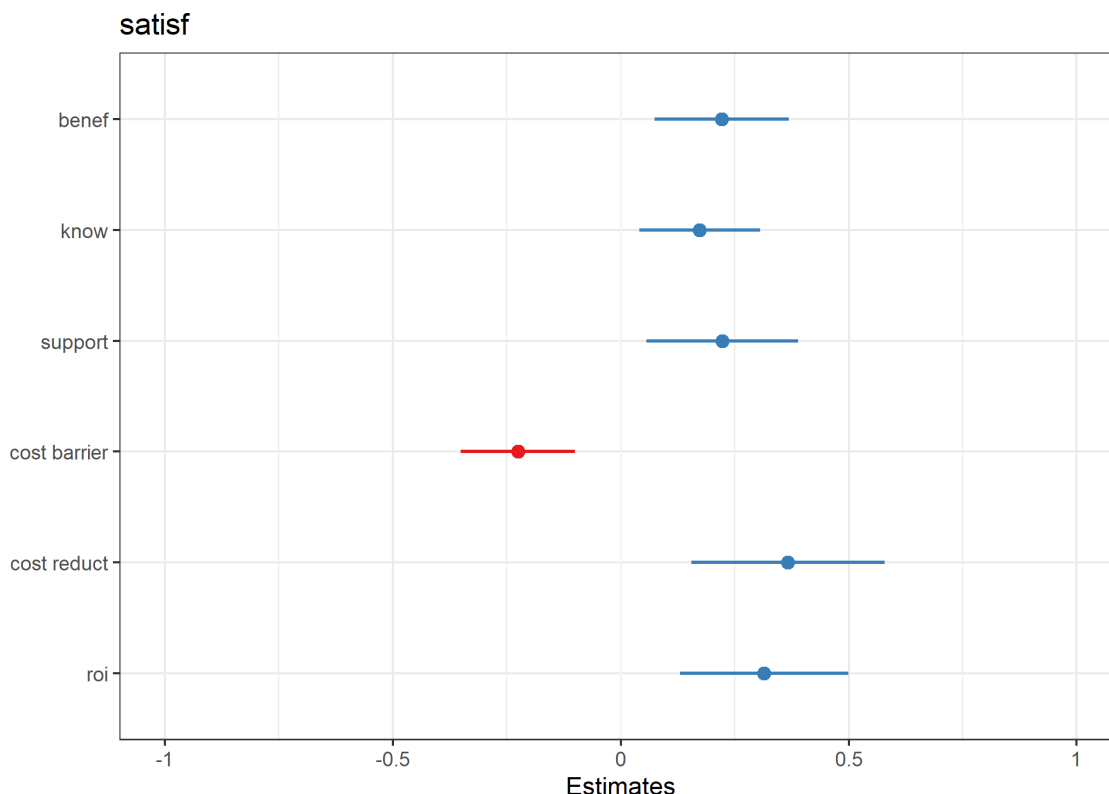


Grafico de coeficientes del modelo de recomendación recomend

