



**FORMULACIÓN DE UNA SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN BASE A
COGENERACIÓN PARA ESCUELA BÁSICA Y POSTA RURAL EN SAN JOSÉ
DE MARCHIGÜE, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Cristóbal Díaz Santis

Profesor Guía:
Carlos Cabaña Chávez

Fecha:
Junio 2022
Santiago, Chile

RESUMEN: FORMULACIÓN DE UNA SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN BASE A COGENERACIÓN PARA ESCUELA BÁSICA Y POSTA RURAL EN SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS

Este trabajo considera la aplicación de la Cogeneración, o CHP por sus siglas en Inglés (Combined Heat and Power), como una alternativa a la generación eléctrica y térmica centralizada, proponiendo su utilización en la Escuela Básica San José y la Posta de Salud Rural de San José de Marchigüe, VI región del país.

El objetivo principal es la formulación de una solución energética basado en la auto sustentabilidad energética de la Escuela y Posta Rural, utilizando CHP y comparando tres diferentes tecnología de aplicación.

Los objetivos específicos son la realización de un diagnóstico de la situación actual de ambos establecimientos; identificar las demandas energéticas de ambas edificaciones para el diseño del sistema de CHP, definiendo su viabilidad; y presentar la solución energética en base a CHP para su implementación.

La metodología para el desarrollo del proyecto consiste en el análisis de la tecnología detrás de la CHP, conceptos básicos de eficiencia energética, la generación distribuida, el confort térmico y la envolvente térmica. Se estudian tres tecnologías diferentes de cogeneración en base a motores alternativos de combustión interna, microturbinas de gas y equipos que utilizan celdas de combustible. Para el levantamiento de información se realiza un diagnóstico de la situación actual de los establecimientos y se analizan sus demandas energéticas para diseñar el sistema de cogeneración, que considera la conexión a la red existente a través de los beneficios de la Ley de Generación Distribuida, que permite la inyección de excesos eléctricos a la red con su respectiva compensación económica.

Los resultados arrojan que tanto la Escuela como la Posta de Salud Rural no cuentan con ningún sistema de calefacción ni presupuesto para ello. Se determina su demanda térmica basado en estándares de funcionamiento según normativas del Ministerio de Educación (MINEDUC) y según los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los equipos CHP estudiados presentan generación eléctrica y térmica superior a la demandada por los establecimientos, de alta fiabilidad y de generación eficiente. Las diferentes tecnologías tienen valores de inversión diferentes y que resultan determinantes en los resultados económicos del análisis de implementación. Ninguno de los equipos presenta una factibilidad rentable.

En relación a la disminución de emisiones contaminantes, alta eficiencia energética y altísimo valor social y ecológico, la Cogeneración presenta un gran potencial para ser apoyada y masificada en un futuro cercano como una opción limpia y fiable para un desarrollo sustentable del país.

ABSTRACT: FORMULATION OF AN ENERGY SOLUTION BASED ON COGENERATION FOR BASIC SCHOOL AND RURAL POST IN SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE, LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS REGION OF CHILE

This work considers the application of CHP (Combined Heat and Power) as an alternative to centralized electrical and thermal generation, proposing its use in the San José Basic School and the Rural Health Center of San José de Marchigüe, VI region of the country.

The main objective is the formulation of an energy solution based on the energy self-sustainability of the School and Rural Health Center, using CHP and comparing three different application technologies.

The specific objectives are to carry out a diagnosis of the current situation of both establishments; identify the energy demands of both buildings for the design of the CHP system, defining its viability; and present the energy solution based on CHP for its implementation.

The methodology for the development of the project consists of the analysis of the technology behind the CHP, basic concepts of energy efficiency, distributed generation, thermal comfort and the thermal enclosure. The study considers three different cogeneration technologies, alternative internal combustion engines, microturbines and fuel cells. For the collection of information, a diagnosis of the current situation of the establishments is made and their energy demands are analyzed to design the cogeneration system, which considers the connection to the existing network through the benefits of the Distributed Generation Law, which allows the injection of electrical excesses to the network with its respective economic compensation.

The results show that both the School and the Rural Health Center do not have any heating system or budget for it. Its thermal demand is determined based on operating standards according to the regulations of the Ministry of Education (MINEDUC) and according to the standards of the World Health Organization (WHO). The CHP equipment studied present electrical and thermal generation higher than the establishments demanded, with high reliability and efficient generation. The different technologies have different investment values that are decisive in the economic results of the implementation analysis. None of the equipment presents a profitable feasibility.

In relation to the reduction of polluting emissions, high energy efficiency and high social and ecological value, CHP has great potential to be supported and massified in the near future as a clean and reliable option for the country's sustainable development.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	OBJETIVOS.....	10
3.	ANTECEDENTES GENERALES:.....	11
3.1.	ENVOLVENTE TÉRMICA	11
3.2.	EFICIENCIA ENERGÉTICA	14
3.3.	CONFORT TÉRMICO.....	16
4.	MARCO TEÓRICO	18
4.1.	COGENERACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA.....	18
4.2.	DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN.....	20
4.2.1.	MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA	21
4.2.2.	CELAS DE COMBUSTIBLE.....	23
4.2.3.	MICROTURBINA DE GAS.....	25
5.	SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN BASE A COGENERACIÓN	28
6.	DIAGNÓSTICO CASO DE ESTUDIO.....	30
6.1.	DIAGNÓSTICO DE LA ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ	30
6.1.1.	DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO GENERAL	33
6.1.2.	DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO EN CALEFACCIÓN.....	34
6.1.3.	DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA	36
6.2.	DIAGNÓSTICO DE LA POSTA RURAL SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE.....	37
6.2.1.	DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO GENERAL	40
6.2.2.	DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO EN CALEFACCIÓN.....	43
6.2.3.	DIAGNÓSTICO CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA	44
7.	RESULTADOS	45
7.1.	CONTEXTO Y UBICACIÓN.....	45
7.2.	DEMANDAS ENERGÉTICAS DE LA ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE	48
7.2.1.	DEMANDA ELÉCTRICA ESCUELA	48
7.2.2.	DEMANDA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN ESCUELA.....	50
7.2.3.	DEMANDA TÉRMICA AGUA CALIENTE SANITARIA ESCUELA	53
7.3.	DEMANDA ENERGÉTICA POSTA RURAL.....	55
7.3.1.	DEMANDA ELECTRICA POSTA RURAL.....	55
7.3.2.	DEMANDA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN PSR.....	56
7.3.3.	DEMANDA TÉRMICA AGUA CALIENTE SANITARIA POSTA RURAL	58
7.4.	RESUMEN DEMANDAS ENERGÉTICAS	58
8.	EQUIPOS DE COGENERACIÓN	59
8.1.	HELBIO H ₂ PS-5.....	60
8.2.	CAPSTONE C65	61
8.3.	EC POWER XRG 6	62
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	63
9.1.	CAPSTONE C65	66
9.2.	EC POWER WRGI 6.....	67

10.	CONCLUSIONES	68
11.	BIBLIOGRAFÍA	69
12.	ANEXOS	71

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N°1: ESCALA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS	16
IMAGEN N°2: COMPARACIÓN COGENERACIÓN VS GENERACIÓN CONVENCIONAL.....	19
IMAGEN N°3: EJEMPLO SIMPLIFICADO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA LEY NET BILLING	20
IMAGEN N°4: RENDIMIENTO ELÉCTRICO POR TIPO DE TECNOLOGÍA DE COGENERACIÓN	21
IMAGEN N°5: FUNCIONAMIENTO MOTOR DE 4 TIEMPOS (CICLO DE OTTO)	22
IMAGEN N°6: PRINCIPIO BÁSICO DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE.....	23
IMAGEN N°7: CELDA DE COMBUSTIBLE.....	24
IMAGEN N°8: FUNCIONAMIENTO TURBINA DE GAS.....	26
IMAGEN N°9: PLANTA EMPLAZAMIENTO ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ	30
IMAGEN N°10: PLANO DE PLANTA DE POSTA RURAL Y VIVIENDA	37
IMAGEN N°11: UBICACIÓN PSR EL TOCO RESPECTO DE SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE.....	43
IMAGEN N°12: UBICACIÓN CASO ESTUDIO LATITUD 34.2956 °S LONGITUD 71.4386 °O.....	45
IMAGEN N°13: PANORÁMICA DEL ALA ANTIGUA DE LA ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ.....	98
IMAGEN N°14: PASILLO DEL ALA ANTIGUA DE LA ESCUELA	98
IMAGEN N°15: PASILLO DEL ALA NUEVA DE LA ESCUELA	99
IMAGEN N°16: PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS DE LA ESCUELA	99
IMAGEN N°17: PLACA DE LA PLANTA DE AGUAS SERVIDAS DE LA ESCUELA	100
IMAGEN N°18: POSTA RURAL SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE	100
IMAGEN N°19: POSTA RURAL SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE	101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº1: EXIGENCIAS REGLAMENTACIÓN TÉRMICA OGUC POR ZONAS	12
TABLA Nº2: RESISTENCIAS TÉRMICAS ENTRE SUPERFICIES	13
TABLA Nº3: TRANSMITANCIA TÉRMICA DE VENTANAS	13
TABLA Nº4: ZONIFICACIÓN TÉRMICA SEGÚN GRADOS DÍA.....	14
TABLA Nº5: CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ (ABRIL 21 – MARZO 22).....	33
TABLA Nº6: CONSUMOS TOTALES AÑOS 2018 AL 2021	34
TABLA Nº7: CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL PSR SAN JOSÉ (ABRIL 21 – MARZO 22).....	40
TABLA Nº8: CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL PSR EL TOCO (ABRIL 21 – MARZO 22)	41
TABLA Nº9: CONSUMOS TOTALES AÑOS 2018 AL 2021	42
TABLA Nº10: TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL SEGÚN AISLACIÓN DEL PISO CONSIDERADO.....	52
TABLA Nº11: TRANSMITANCIA TÉRMICA DE CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE DE LA ESCUELA.....	53
TABLA Nº12: RESULTADO DEMANDA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN ESCUELA	53
TABLA Nº13: CÁLCULO CONSUMO DE ACS ESCUELA.	54
TABLA Nº14: SUPERFICIES DE CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE DE LA PSR	57
TABLA Nº15: TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTO DE LA ENVOLVENTE DE LA PSR.....	57
TABLA Nº16: RESULTADO DEMANDA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN PSR.....	57
TABLA Nº17: CÁLCULO CONSUMO DE ACS VIVIENDA Y PSR	58
TABLA Nº18: RESUMEN DEMANDA ENERGÉTICAS ESCUELA Y PSR.....	58
TABLA Nº19: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO COGENERADOR HELBIO H ₂ PS-5	60
TABLA Nº20: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO COGENERADOR CAPSTONE C65.....	61
TABLA Nº21: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO EC POWER XRG1 6	62
TABLA Nº22: TARIFA BT1 CGE DISTRIBUCIÓN PARA COMUNA DE PICHIDEGUA	63
TABLA Nº23: CONSUMO POR SOBRE LÍMITE DE INVIERNO CGE.....	64
TABLA Nº24: TARIFA BCR01R METROGAS PARA LA REGIÓN DE O'HIGGINS	64
TABLA Nº25: FLUJO DE CAJA CON EQUIPO CHP CAPSTONE C65.....	66
TABLA Nº26: FLUJO DE CAJA CON EQUIPO CHP EC POWER WRGI 6	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº1: GRÁFICO CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL ESCUELA SAN JOSÉ (ABRIL 21 – MARZO 22)	33
FIGURA Nº2: GRÁFICO CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL PSR SAN JOSÉ (ABRIL 21 – MARZO 22)	40
FIGURA Nº3: GRÁFICO CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL PSR EL TOCO (ABRIL 21 – MARZO 22).....	42
FIGURA Nº4: CICLO ANUAL DE LA TEMPERATURA MEDIA EN SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE	46
FIGURA Nº5: CICLO DIARIO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE.....	46
FIGURA Nº6: PROMEDIO DE LA TEMPERATURA PARA CADA MES Y HORA DEL AÑO.....	47
FIGURA Nº7: CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL ESCUELA SAN JOSÉ.....	49
FIGURA Nº8: CONSUMO ANUAL PSR EL TOCO.....	56

1. INTRODUCCIÓN

La demanda energética de electricidad y calor es vital para casi cualquier labor productiva país. También para los sectores de educación y salud, y por sobre todo en el sector residencial, lugar donde se preparan las familias del futuro y deben, al menos, contar con el confort para enfrentar la vida sin dañar su salud ni los procesos cognitivos en el aprendizaje, crecimiento y realización personal de cada uno de sus integrantes.

La importancia de contar con una buena temperatura ambiente en los primeros años de vida, un buen confort térmico en los lugares de trabajo y una buena conexión eléctrica que cumpla con los requerimientos mínimos de un mundo globalizado en constante crecimiento, son prioridades que se suman a la de producir energías limpias que cubran estas necesidades en armonía con el medio ambiente.

La electricidad en el país es producida principalmente por centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, además de la captación de energía mediante sistemas solares y eólicos que representan un aumento importante dentro de la generación a través de energías renovables no convencionales (ERNC) e incluyendo esta producción eléctrica en el sistema eléctrico nacional (SEN). Esta producción de energía, de manera centralizada y distribuida por cables tiene un altísimo nivel de pérdidas por transmisión de la misma.

La energía térmica, por otra parte, se produce de manera local y descentralizada. Se utilizan calefactores eléctricos, termos, calefones y tecnologías basadas en la quema de combustibles fósiles (leña y gas) con alta eficiencia pero también con altos índices de contaminación.

La presente tesis presenta la tecnología de la cogeneración como una solución a la generación eléctrica y térmica, de manera mucho más eficiente que la generación convencional, aprovechando los gases de escape en la quema de combustible y el calor generado al producir electricidad como energía térmica para producción de ACS y calefacción. Esta tecnología es más eficiente y significativamente menos contaminante que la generación convencional por separado donde, según la tecnología del equipo utilizado, se pueden reducir prácticamente a cero las emisiones.

El caso de estudio de este trabajo considera la aplicación de la cogeneración a pequeña escala, utilizando y ahondando en 3 tecnologías diferentes de generación eléctrica y térmica.

Se analizarán las diferentes tecnologías, su funcionamiento e implementación en la Escuela Básica San José y la Posta de Salud Rural de San José de Marchigüe, edificaciones colindantes entre sí cuyo diagnóstico y demandas serán evaluados para determinar la modulación de los equipos.

A través de la Ley de Generación Distribuida se estudiará la inyección de los excedentes eléctricos en la red actual de electricidad y su respectiva compensación económica.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la formulación de una solución energética basada en la auto sustentabilidad energética de la Escuela Básica San José y la Posta de Salud Rural de San José de Marchigüe, comuna de Pichidegua, VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

Los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

- Realizar un diagnóstico de la situación energética actual de ambos establecimientos
- Identificar las demandas energéticas de ambas edificaciones para el diseño de un sistema de Cogeneración, definiendo su viabilidad.
- Presentar la solución energética en base a Cogeneración para su implementación.

3. ANTECEDENTES GENERALES:

3.1. ENVOLVENTE TÉRMICA

Durante mucho tiempo el ser humano ha intentado regular y llegar a un equilibrio térmico con su entorno. Es así como en distintos lugares del mundo las construcciones deben hacer frente de distintas maneras a las inclemencias del clima, así como también aprovechar las energías utilizadas para regular la temperatura interior de los recintos de la mejor manera posible, evitando las pérdidas a través de los puentes térmicos.

Juegan un rol importantísimo la arquitectura y los distintos detalles constructivos en cuanto a la aislación, que puedan dar una eficiente solución al tratamiento térmico interior.

Los distintos tipos de materiales utilizados hoy en día para aislar térmica y acústicamente las viviendas y recintos en general han aumentado su efectividad al evitar o producir menores puentes térmicos, lo que a su vez mejora la habitabilidad del lugar y garantiza una vivienda o recinto más eficiente a la hora de climatizarlo.

La envolvente térmica, según la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), es el conjunto de cerramientos que separan el exterior con el interior de un recinto habitable, una especie de manto que envuelve la edificación. Estos cerramientos pueden ser complejos de techumbre, muros perimetrales, muros traslúcidos (ventanas) y pisos ventilados, y se ordenan de la misma manera en relación con su importancia.

Donde:

- “Complejo : Conjunto de elementos constructivos que, en conjunto forman parte de una edificación, tales como: complejo de techumbre, complejo de entrepiso.
- Elemento : Se refiere al conjunto de materiales que, dimensionados y colocados de una manera adecuada, permite el cumplimiento de funciones específicas, como muros, losas, tabiques, etc.
- Material : Unidad que por sí sola no cumple una función específica”¹.

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la envolvente térmica de un recinto es necesario conocer de antemano la materialidad con la que fue o será construido. Si es un proyecto nuevo, se podrán hacer los ajustes necesarios para encontrar la manera más eficiente de mantener las temperaturas interiores del lugar, por el contrario si el espacio ya está edificado se deberán encontrar las mejores soluciones para mejorar los cerramientos del mismo, sobre todo si la construcción tiene una data significativa.

¹ Definiciones de la Norma Chilena NCh 853-2007 dedicada al “Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”

Existe un estándar mínimo que se debe cumplir en cuanto a los cerramientos y las exigencias descritas en la reglamentación térmica contenida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su artículo 4.1.10., sobre acondicionamiento térmico, las que señalan que estos complejos deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la señalada para la zona del país que le corresponda, de acuerdo con los planos de zonificación térmica definidos por resoluciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

La transmitancia térmica (U) se refiere al flujo de energía que se intercambia entre el interior y el exterior de un recinto habitable y se representa en la siguiente ecuación:

(ecuación 1)

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

U : Transmitancia térmica [W/m²·K]
R_{si} : resistencia térmica de superficie al interior [m²·K/W]
R_{se} : resistencia térmica de superficie al exterior [m²·K/W]
e : espesor del material [m]
λ : conductividad térmica [W/m·K]
 $\frac{e}{\lambda}$: resistencia térmica del material [m²·K/W]

Por otra parte, **la resistencia térmica (Rt)** se refiere a la capacidad de los complejos de oponerse al paso del calor y se representa por la ecuación:

(ecuación 2)

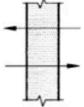
$$R_T = \frac{1}{U}$$

Tabla N°1: Exigencias reglamentación térmica OGUC por zonas

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: Artículo 4.1.10 OGUC – Minvu

Tabla N°2: Resistencias térmicas entre superficies

Resistencias térmicas de superficie en [m ² ·K/W]							
Posición de elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		<u>R_{si}</u>	<u>R_{se}</u>	<u>R_{se} + R_{se}</u>	<u>R_{se}</u>	<u>R_{se}</u>	<u>R_{se} + R_{se}</u>
Flujo horizontal en elemento vertical		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elemento horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elemento horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Fuente: Tabla N°2 de la NCh 853

En adición a lo anterior, el sistema de Calificación Energética de Viviendas (CEV) señala que en superficies como ventanas se necesita tener en cuenta el factor U del vidrio y marco de la ventana. Los vidrios pueden ser monolíticos (VM) o doble vidriado hermético (DVH) con una cámara de aire entre ellos (más conocido como termo panel). Para los marcos metálicos se considera que no tienen Ruptura del Puente Térmico (RPT).

Tabla N°3: Transmitancia térmica de ventanas

Tipo	Metal sin RPT ⁵	Al con RPT	PVC	Madera
VM sin espaciador	5,80	5,33	5,14	4,97
DVH con espaciador de 6 mm	3,58	3,28	3,17	3,10
DVH con espaciador de 9 mm	3,35	3,07	2,97	2,90
DVH con espaciador de 12 mm	3,20	2,94	2,84	2,79
DVH con espaciador de 15 mm	3,16	2,89	2,80	2,75

Fuente: Calificación Energética de Viviendas (CEV) - Minvu

Los planos de zonificación térmica dividen el territorio nacional en 7 zonas dependiendo de su lugar geográfico y las diferencias climáticas que existen en el lugar (Tabla N°2). Para esta división se utilizó el concepto de grados día, que representan la suma de todas las temperaturas del lugar en un período de tiempo determinado.

Al utilizar el concepto de grado día, la zonificación ya no sólo toma las divisiones zonales políticas (regionales, provinciales o comunales), sino que además se consideran las diferentes altitudes e inclemencias climáticas, por lo que cada división política puede tener más de una zona asociada.

Los grados día es una métrica que se utiliza para determinar la cantidad de grados (°C) en que la temperatura exterior ha estado por debajo o por sobre una temperatura base, durante las horas del día durante un año, y corresponde a la sumatoria de las diferencias entre la temperatura media del día y la temperatura base.

Dependiendo si la temperatura media está por debajo o por sobre la temperatura base, se obtendrán los grados día de calentamiento o enfriamiento necesarios, según corresponda. El rango de la temperatura base oscila entre los 16 y 24 °C, por lo que por debajo de los 16 °C serán grados día de calentamiento, y por sobre los 24 °C serán grados día de enfriamiento.

Tabla N°4: Zonificación térmica según grados día

Zona Térmica	Grados día	Zona Térmica	Grados día
Zona 1	≤ 500	Zona 5	> 1250 - ≤ 1500
Zona 2	> 500 - ≤ 750	Zona 6	> 1500 - ≤ 2000
Zona 3	> 750 - ≤ 1000	Zona 7	> 2000
Zona 4	> 1000 - ≤ 1250		

Fuente: Artículo 4.1.10 OGUC – Minvu

3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se refiere a la optimización del uso de las energías que se utilizan para todas las actividades. Apunta a hacer un buen uso de esta energía, disminuyendo las pérdidas y su consumo, sin sacrificar la calidad y el acceso a bienes y servicios.

La optimización del uso de la energía se puede asociar tanto a las nuevas tecnologías que mejoran el rendimiento de equipos y maquinaria, o mejoras en los diseños de espacios; como también a una buena gestión en el uso de la energía, a través de consumidores con hábitos y actitudes más sustentables.

Al citar la Eficiencia Energética, es importante conocer la visión de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), que entrega la siguiente definición:

“Este concepto apunta a hacer un buen uso de la energía, utilizando menos energía para producir el mismo servicio o producto.

...Usar eficientemente la energía, significa también no emplearla en actividades innecesarias y realizar lo que requiramos con el mínimo de consumo posible. Para lograrlo, es fundamental explorar nuevas tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía, alcanzando así un desarrollo sustentable.

El uso eficiente de la energía contribuye a proteger los recursos naturales, disminuyendo, además, el impacto ambiental. Para ello, no solo es necesario contar con tecnologías eficientes, sino también que los usuarios sean consumidores responsables. Utilizar eficientemente la energía es posible en todos los ámbitos y sectores de la economía y sociedad”.²

² Definición de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética

La eficiencia energética de una edificación puede ser medida, por lo tanto, también puede ser mejorada para ser aún más eficiente, siempre y cuando vaya de la mano con la constante capacitación a los usuarios finales. Si no existe un cambio de pensamiento respecto de la eficiencia energética en los consumidores, el costo de implementación puede que nunca se recupere si las acciones de estos impiden que el uso de la energía se consuma de manera eficiente, sin mencionar el costo ambiental de producir energía que luego se pierde.

En el año 2012, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en conjunto con el Ministerio de Energía, diseñaron el instrumento de Calificación Energética de Viviendas (CEV) con el fin de mejorar la calidad de vida de chilenas y chilenos entregando información estandarizada y objetiva respecto de la eficiencia energética de las viviendas. Si bien es un instrumento que hasta la fecha es de uso voluntario, busca informar a la población para tomar una decisión informada a la hora de adquirir una vivienda, y poder optar por un mayor confort térmico, la utilización de equipos eficientes y/o la incorporación del uso de energías renovables no convencionales (ERNC) que, según su eficiencia, puedan generar ahorros en calefacción, enfriamiento, iluminación y agua caliente sanitaria.

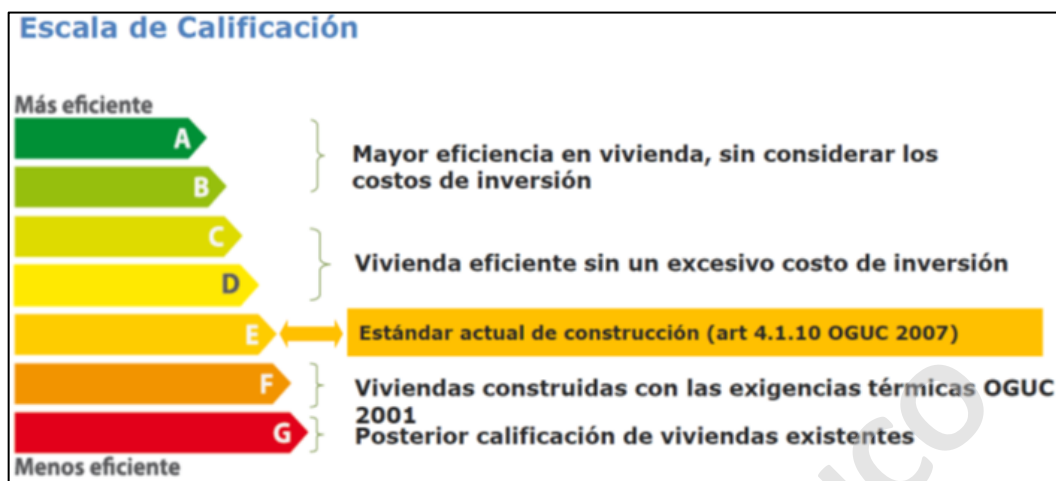
La CEV, a través de la aplicación de la NCh 853³, que establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas; utilizando las especificaciones técnicas y ensayos de materiales, evalúa y determina la eficiencia energética de una vivienda según su calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. La CEV mide la eficiencia de la edificación en la etapa de uso de esta.

Luego de aplicar los cálculos necesarios, el resultado final de la CEV entrega una etiqueta con colores, porcentajes y letras que se clasifican en orden, desde la letra A+ hasta la letra G, donde la letra A representa la mayor eficiencia energética y la letra G, la menor.

Actualmente, el estándar de construcción en Chile, según el artículo 4.1.10. de la OGUC, califica en la letra E.

³ Norma Chilena NCh 853-2007 dedicada al “Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”

Imagen N°1: Escala de calificación energética de viviendas



Fuente: MINVU

En febrero de 2021, se publicó en el Diario Oficial la primera Ley de Eficiencia Energética del país (Ley N.º 21.305), para promover el uso eficiente de los recursos energéticos del país.

Esta ley estableció, entre otras, que a partir del año 2023 la CEV sea obligatoria para todas las viviendas nuevas y que, a partir del año 2025, se implemente en edificios de uso público, oficinas y destinos comerciales.

Si bien aún no existe la Calificación Energética de Edificios de Uso Público (CEEUP), se está trabajando para integrar esta calificación al sistema de Certificación de Edificio Sustentable (CES) por parte del Instituto de la Construcción; y es justamente esta certificación la que hoy llena ese vacío, certificando el comportamiento ambiental de los edificios de uso público en Chile.

A la fecha existen distintas certificaciones nacionales para las viviendas, como las certificaciones de Edificio y de Vivienda Sustentable (CES y CVS respectivamente), las que analizan consumos energéticos, de agua, confort, residuos, etc.,

3.3. CONFORT TÉRMICO

El confort térmico es la sensación de un individuo frente a un ambiente térmico determinado. La Norma ISO 7730 lo define como “una condición mental en la que se expresa la satisfacción por el ambiente térmico” al igual que la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Si bien el confort térmico depende de múltiples factores externos al individuo, como la velocidad del aire, la temperatura de este y su humedad relativa; también va a depender de factores muy internos del sujeto, de sus hábitos, de su forma física, la actividad física que realice, la cantidad de ropa que lleve puesta y si está en reposo o en actividad.

Las condiciones externas influyen directamente en la cantidad de energía resultante en obtener el equilibrio o balance térmico, ya que de ellas dependerán las cantidades de energía necesarias para calefaccionar, enfriar, iluminar, etc.

Según la OMS, la temperatura de confort se sitúa entre los 16°C y 21°C, pero para obtener el confort térmico, el ambiente debe cumplir además otras condiciones: la humedad relativa no debe variar más allá de entre un 30% y un 75%, la velocidad del aire no debe ser mayor a 1 m/s, la temperatura radiante interior debe estar a solo a unos pocos °C por sobre la temperatura del aire, debe haber un silencio suficiente con menos de 45 dB, la iluminación debe estar en el rango de los 50 lux y debe existir en el ambiente una ventilación adecuada.

Para poder llegar a la sensación de confort, las ganancias y pérdidas de energía deben tender a cero, logrando un balance térmico que conserve la temperatura normal.

Es por lo anterior que la calidad de los materiales, elementos y conjuntos deben al menos cumplir con el estándar mínimo indicado en la normativa vigente. De esta manera se podría garantizar que el ambiente no perderá ni ganará temperatura, que la inyección de energía será utilizada de manera eficiente y que se obtendrá el confort térmico y bienestar en los usuarios finales.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. COGENERACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA

Como resultado de la aplicación de la eficiencia energética se suele obtener una disminución en el consumo de recursos y de emisiones contaminantes, por consiguiente también se logra una disminución en el costo de energía.

Dentro del campo de la mejora constante, vinculada a la eficiencia energética, se puede inferir que una buena gestión produce eficiencia, y uno de los mejores ejemplos en la gestión de generación energética es la Cogeneración.

La Agencia de Sostenibilidad Energética se refiere a ella de la siguiente manera: “Cogeneración es la generación simultánea de energía eléctrica y energía térmica útil (calor) a partir de un único proceso de consumo de energético primario. Este principio incluye todas las tecnologías en las cuales las energías eléctrica y térmica son conjuntamente generadas por una unidad o sistema y utilizadas por uno o más consumidores.

A través de un proceso de cogeneración se alcanzan altos niveles de eficiencia, debido a la utilización de la energía residual (calor) como un subproducto de la generación eléctrica. Así, la cogeneración es mucho más eficiente que la producción de electricidad convencional y de calor por separado.”⁴

Al comparar la cogeneración con un sistema de generación de energía eléctrica y térmica por separado, se puede apreciar que la generación convencional necesita más unidades de energía para producir los mismos resultados que la cogeneración, además de los costos asociados a requerir de dos plantas de producción separadas y mayores pérdidas energéticas, según se muestra en la Imagen N°2.

Al analizar la eficiencia de producir y consumir la energía en el mismo lugar, se obtienen ventajas en cuanto al transporte de la misma y se evitan cambios de tensión que, por efecto Joule⁵, pueden llegar a significar pérdidas de entre un 25% y un 30% de energía.

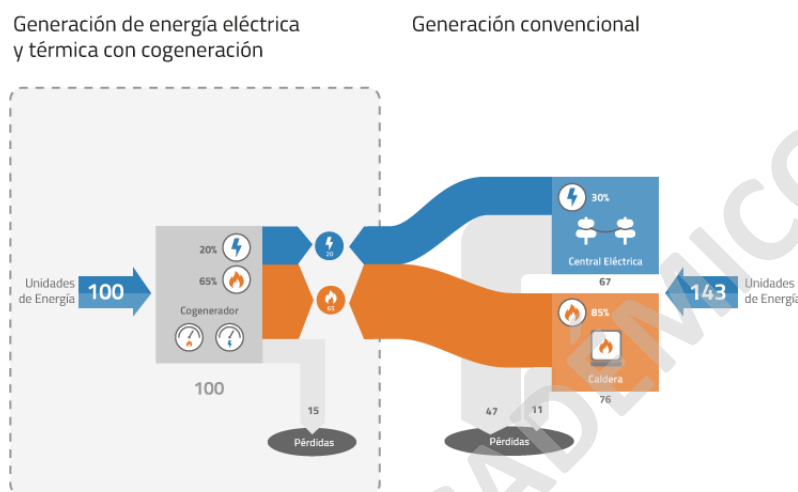
Los beneficios de la cogeneración son variados y todos apuntan a la eficiencia energética, siendo los más relevantes la reducción de las emisiones de CO₂, la disminución de energía primaria, el menor consumo de agua y por ende una reducción importante en los costos de producción, aumento de rendimiento y también de competitividad.

⁴ Definición de la Agencia de Sostenibilidad Energética. Enlace: [¿Qué es Cogeneración? – Cogeneración Eficiente \(cogeneracioneficiente.cl\)](http://¿Qué es Cogeneración? – Cogeneración Eficiente (cogeneracioneficiente.cl)). Visitado el 24 de abril de 2022

⁵ El efecto Joule es el fenómeno en el que, si en un conductor circula energía eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor y se disipa.

Si la energía térmica producida por el sistema de cogeneración se aprovecha en el mismo lugar donde es producida (in situ), alcanza los mayores niveles de eficiencia. Por otra parte, la energía eléctrica puede ser utilizada de manera complementaria con el sistema de distribución eléctrica convencional, para así utilizar la red en períodos de sobre demanda e inyectar los excesos de energía eléctrica en la red cuando la demanda es más baja.

Imagen N°2: Comparación Cogeneración vs Generación convencional



Fuente: Agencia Chilena de Sostenibilidad Energética

Para regular este tipo de utilización de la energía eléctrica en Chile existe la Ley 20.571 de Generación Distribuida o Net Billing, la que establece que los usuarios finales sujetos a fijación de precios, que dispongan para su propio consumo de equipamiento de generación de energía eléctrica por medios renovables no convencionales (ERNC) o de instalaciones de cogeneración eficiente, tendrán derecho a inyectar la energía que de esta forma generen a la red de distribución a través de los respectivos empalmes.⁶

El reglamento aprobado señala que la capacidad instalada por el cliente no podrá superar los 100 kW.⁷

Con el sistema Net Billing o Generación Distribuida se logra que no sea necesario el almacenamiento de la energía en baterías u otros sistemas externos, sino que entrega flexibilidad a la hora de la generación y el consumo.

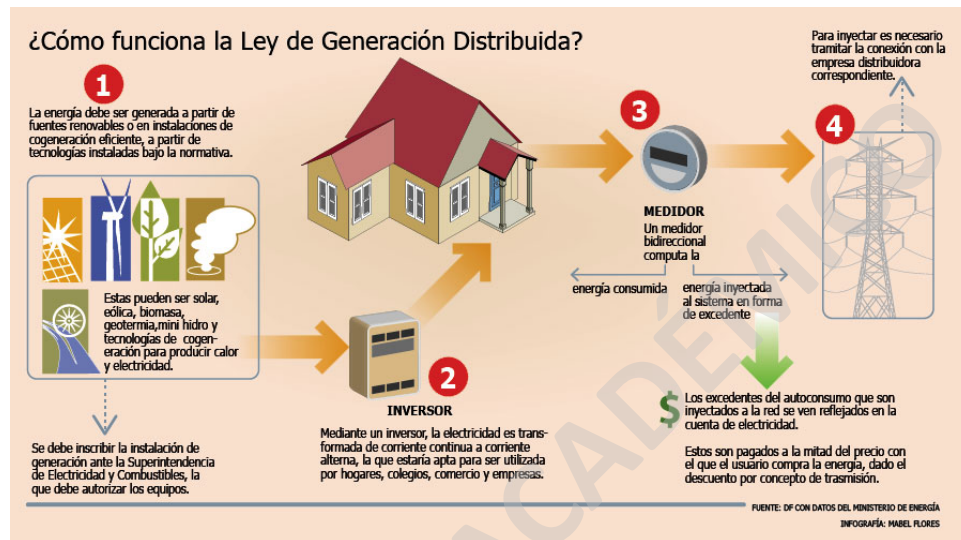
⁶ Artículo 149 bis de la Ley N.º 20.571

⁷ Artículo 1º del Decreto N.º 71 de 2014 del Ministerio de Energía

Según la Ley citada, la energía inyectada se pagará a los usuarios al precio de nudo, que es el precio que las compañías de distribución venden a los clientes sin incluir los costos de servicio (administrativos, transporte de energía y otros).

A modo de resumen, la imagen N°3 muestra una infografía con el ciclo completo del funcionamiento de la Ley de Generación Distribuida.

Imagen N°3: Ejemplo simplificado del funcionamiento de la Ley Net Billing



Fuente: Diario Financiero con datos del Ministerio de Energía – Internet ([enlace visitado el 25 de abril de 2022](#))

4.2. DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN

Los sistemas de cogeneración son capaces de generar electricidad y calor de manera simultánea en base a una sola fuente energética principal. Se conocen como sistemas CHP por sus siglas en inglés (Combined Heat and Power) y existen diferentes tecnologías para su operación.

Primero cabe señalar que, de acuerdo con la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), según el orden en que se producen la energías eléctrica y térmica, los sistemas de cogeneración se pueden clasificar en dos tipos: Superior (Topping) o Inferior (Bottoming):

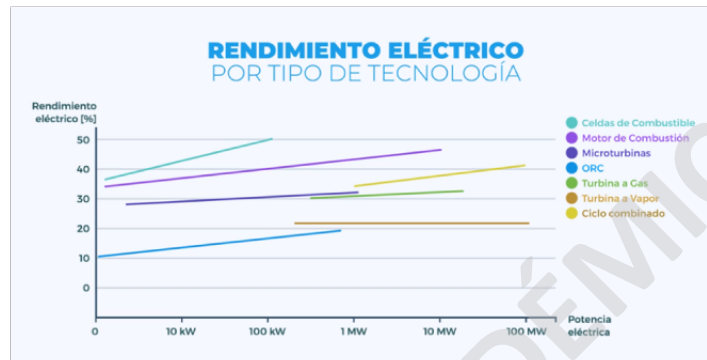
Superior: Primero se produce la energía eléctrica, luego se recupera la energía térmica que resulta del proceso de generación inicial.

Inferior: Su principal objetivo es producir energía térmica de alta temperatura para utilizar en procesos industriales (secado, cocción, fundición, otros), luego, el remanente energético se utiliza para la producción de energía eléctrica.

Para estas dos clasificaciones, existen distintos tipos de tecnologías asociadas, las que logran sacar el mayor provecho y eficiencia a los distintos sistemas y se diferencian por el tipo de motor o sistema que utilizan en la generación de energía eléctrica y térmica.

Según su rendimiento se pueden clasificar los sistemas por tipo de tecnología, lo que ayudará en este trabajo a definir qué tipo de sistema se ajusta mejor a la demanda del estudio de caso.

Imagen N°4: Rendimiento Eléctrico por tipo de Tecnología de Cogeneración



Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) www.cogeneracioneficiente.cl link visitado el 12 de marzo de 2022

Según se aprecia en la Imagen N°4, para la micro cogeneración (menor a 100 kW) las tecnologías más eficientes según su rendimiento eléctrico son las de los motores en base a celdas de combustible, motor de combustión, las micro turbinas y los ORC (Organic Rankine Cycle).

Sin embargo, el sistema ORC, que utiliza fluidos orgánicos para producir vapor a alta temperatura y luego producir electricidad con ese vapor a través de una turbina, presenta una eficiencia bajo el 20% por lo que se descarta esta tecnología para este trabajo.

4.2.1. MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA

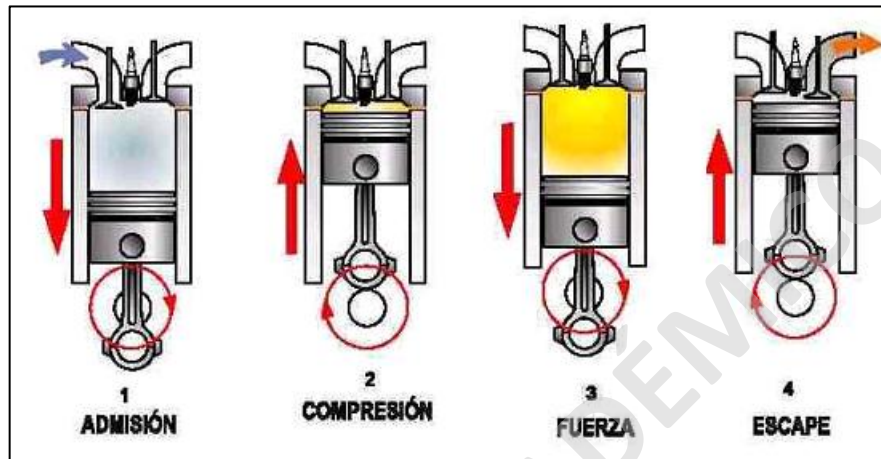
Este tipo de tecnología cuenta con un motor a combustión interna de 4 tiempos (admisión, compresión, explosión y expansión) tal como un motor de vehículo, convirtiendo la energía química del combustible mezclado con aire en energía mecánica que mueve un eje conectado a un generador, para posteriormente producir electricidad y aprovechar el calor residual como energía térmica.

El proceso de los 4 tiempos es el siguiente:

1. Admisión: A través de la válvula de admisión el combustible mezclado con aire entran en la cámara

2. Compresión: La mezcla se comprime hacia arriba con el pistón y se enciende con una bujía
3. Explosión: La mezcla se inflama y el pistón baja a gran velocidad
4. Expansión: El pistón vuelve a subir, eliminando los gases de escape a través de la válvula de escape.

Imagen N°5: Funcionamiento motor de 4 tiempos (Ciclo de Otto)



Fuente: Recuperado de [La tecnología convergente del siglo XXI aplicada a la automoción, puede resolver los problemas de co \(eficauto.com\)](http://eficauto.com) (Visitado el 13-03-22)

La energía mecánica resultante del pistón (varios), que va unido a un cigüeñal que transmite torque y potencia a un generador conectado a su eje, se transforma en energía eléctrica.

En este proceso el motor alcanza altas temperaturas, por consiguiente debe tener un buen sistema de refrigeración para procurar que el sistema funcione. Este es el primer lugar donde se aprovecha la energía térmica residual donde, a través de intercambiadores de calor, se traspa la temperatura del sistema de refrigeración al agua refrigerante para aprovechar ese calor.

El segundo lugar donde se aprovecha la energía térmica es en la válvula de escape donde, nuevamente con intercambiadores de calor, se traspa la energía térmica y es aprovechada.

Este tipo de motores son utilizados principalmente en el transporte, y su eficiencia media es casi un 25%, ya que se producen altísimas pérdidas de calor. Esta es la razón principal de su alta eficiencia al ser utilizado en Cogeneración, ya que cerca del 90% de la energía térmica que se disipa en el ambiente es recuperada.

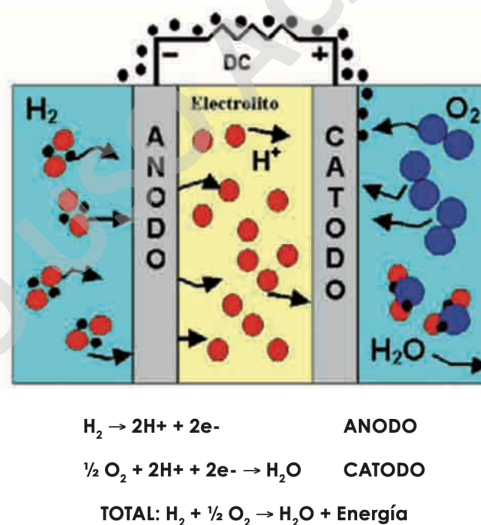
4.2.2. CELDAS DE COMBUSTIBLE

Este tipo de tecnología convierte la energía química del combustible en energía eléctrica y calor a través de una reacción química entre el hidrógeno y el oxígeno, sin la necesidad de una combustión.

Funciona con hidrógeno como combustible y cuando no está disponible funciona con gas natural, teniendo que pasar por un proceso de filtrado y enriquecimiento antes de entrar al sistema. Para producir el hidrógeno se pueden utilizar 3 métodos: gasificación del carbón, transformación molecular o la electrólisis del agua. Esta última es el proceso en el que se descompone la molécula del agua (H_2O) y se obtienen oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) siendo la forma más limpia de producirlo.

Las celdas se disponen una tras otra (tantas como se necesiten) y se componen de dos electrodos (un ánodo y un cátodo) separados por un electrolito. El hidrógeno alimenta el ánodo, donde reacciona y se separa en protones y electrones, los que viajan por un conductor externo para entregar su energía útil a una carga eléctrica. Los protones viajan a través del electrolito hacia el cátodo donde se encuentran con el oxígeno para reaccionar y formar agua 100% pura. En el proceso se produce calor, el que se utiliza para calentar el agua. Dependiendo del tipo de celda utilizada se obtendrán distintas temperaturas en el proceso.

Imagen N°6: Principio básico del funcionamiento de una celda de combustible



Fuente: Guía básica de micro cogeneración – Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid - Fenercom 2012

La mayor diferencia con otras tecnologías es que esta no genera ninguna combustión, por lo que sus emisiones son prácticamente nulas (dependiendo del combustible de entrada) y sus residuos son agua pura.

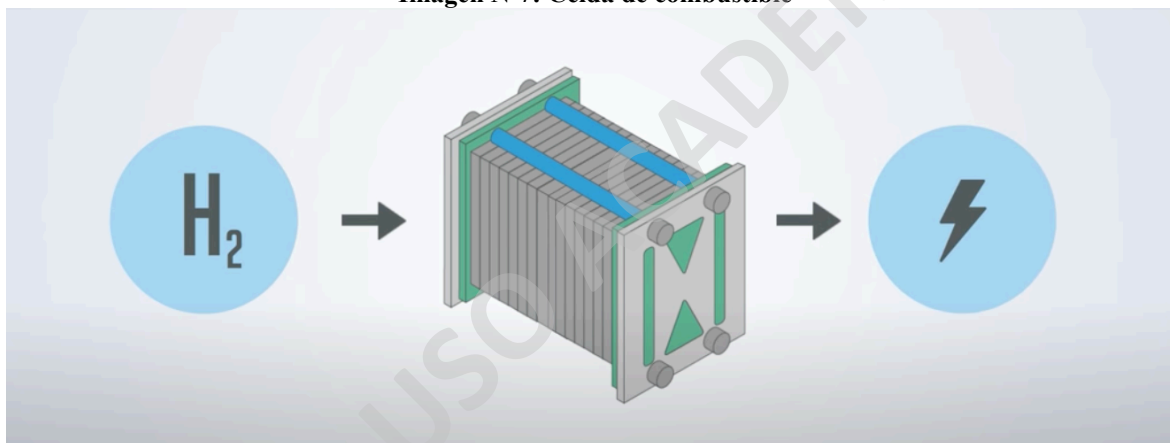
Existen distintos tipos de celdas según el combustible que utilizan, su temperatura de operación y los tipos de reacción, aunque el principio es el mismo para todas, además de

compartir las mismas ventajas: funcionamiento silencioso, alta eficiencia, sin partes móviles por lo que la mantención es menor y, dependiendo del combustible, cero o muy bajas emisiones.

Una gran ventaja de la celda de combustible es que el hidrógeno puede ser producido a partir de ERNC como paneles solares u otras tecnologías, lo que trae consigo beneficios para la sociedad y el medio ambiente. Cuando esto ocurre es llamado hidrógeno verde (H2V).

Si bien el costo de la producción de hidrógeno es elevado y se considera una desventaja, es una gran oportunidad para Chile de desarrollar una industria competitiva en la generación de hidrógeno verde gracias a la inagotable fuente de energías renovables que presenta el norte y sur del país, con la generación de electricidad a través de paneles solares y turbinas eólicas donde, según el documento *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde* del Ministerio de Energía, “el hidrógeno verde producido en el Desierto de Atacama y en la Región de Magallanes tendría el costo nivelado de producción más bajo del mundo al 2030”.

Imagen N°7: Celda de combustible



Fuente: Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias de México.

Diferentes tipos de celdas de combustible:⁸

- **Celda de Membrana de Intercambio de Protones (PEMFC):** Este tipo de celdas operan a baja temperatura, entre los 60 y los 160°C, y están construidas de polímeros. Suelen ser las más utilizadas en la cogeneración y micro cogeneración.
- **Celda de Óxido Sólido (SOFC):** Estas operan a altas temperaturas, entre los 600 y 850°C y están construidas de materiales cerámicos.
- **Celda Alcalina (AFC):** Fueron las primeras en ser desarrolladas y en un principio operaban entre los 100 y 250°C, aunque con el correr del tiempo hay nuevos diseños que pueden operar entre los 23 y 70°C.

⁸ Según Agencia de Sostenibilidad Energética – Cogeneración Eficiente- Ministerio de Energía.

- **Celda de Metanol Directo (DMFC):** A diferencia del resto, estas celdas funcionan en base a Metanol como combustible, que se mezcla con vapor y se inyecta directamente en el ánodo.
- **Celda de Ácido Fosfórico (PAFC):** Se diferencia del resto por su construcción, en la que utiliza el ácido fosfórico como electrolito y los electrodos de carbono poroso con un catalizador de platino.
- **Celda de Carbonato Fundido (MCFC):** Esta celda fue desarrollada para aplicaciones de generación eléctrica en base a carbón y gas natural.

4.2.3. MICROTURBINA DE GAS

Las microturbinas utilizan la misma tecnología que las turbinas de gas a una escala menor para la generación distribuida o in situ. Esta tecnología transforma la energía química contenida en un combustible en energía mecánica a través de un proceso térmico y de rotación. La energía mecánica resultante puede ser utilizada en distintas aplicaciones a través de un eje que puede ir conectado generalmente a un generador eléctrico, un compresor, una bomba o una hélice de un barco.

Comunmente se conoce a la microturbina como microturbina de gas, pero no por el combustible que utiliza, sino a que el proceso siempre funciona con un fluido en estado gaseoso.

Las turbinas de gas son turbomáquinas que de modo general pertenecen al grupo de máquinas térmicas generadoras y cuya franja de operación va desde pequeñas potencias de entre 5 kW para micro turbinas hasta 500 megavatios para los últimos desarrollos.

Sus principales ventajas son el pequeño peso y volumen en relación a su potencia y la flexibilidad de su operación, esto hace que sean máquinas cuyo uso para determinadas aplicaciones, especialmente referidas a la generación de electricidad y a la propulsión de buques y aviones este en claro aumento.

Al ser máquinas rotativas presentan una clara ventaja frente a los motores alternativos por la ausencia de movimientos alternativos y de rozamientos entre superficies sólidas como las que se dan entre pistón y camisa, lo que se traduce en menores problemas de equilibrado y menores consumos de aceite lubricante.

Las turbinas de gas apenas tienen necesidades de refrigeración lo que facilita enormemente su instalación, además que su baja inercia térmica les permite alcanzar su plena carga en periodos de tiempo muy cortos, lo que les hace ideales para determinadas aplicaciones en las que se requiere variaciones de carga rápida, regulación de red o abastecimiento de alta demanda.

Esta simplicidad comparada con las turbinas de vapor y con motores alternativos otorga a las turbinas de gas 2 ventajas adicionales: un mantenimiento sencillo comparado con otras máquinas térmicas y una elevada fiabilidad.

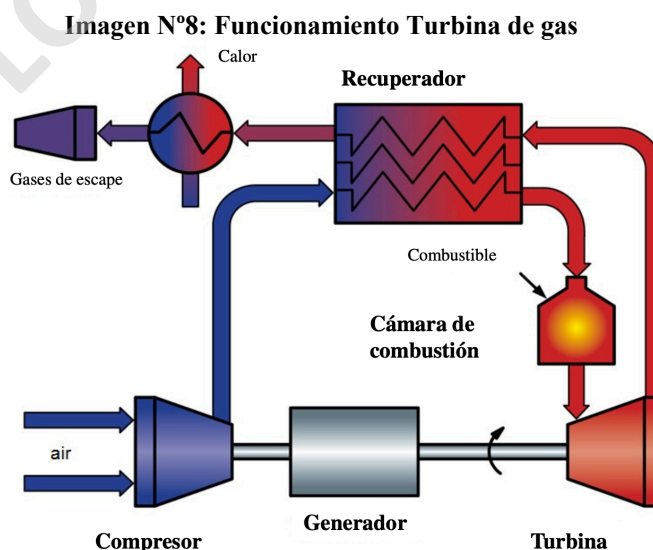
En efecto, la reducción de las necesidades de lubricación y refrigeración, la continuidad del proceso de combustión y la ausencia de movimientos alternativos hace que la probabilidad de fallo disminuya.

Una instalación de generación eléctrica basada en una turbina de gas puede alcanzar con facilidad valores de disponibilidad superiores al 95% y valores de fiabilidad cercanos al 99% si la instalación está bien diseñada, bien construida, bien operada y con un adecuado mantenimiento.

No obstante también tiene algunos inconvenientes importantes en los que hay que destacar 2: la alta velocidad de rotación y su bajo rendimiento entre el 30 y el 40%, comparado con los motores alternativos diésel donde en algunos desarrollos ya alcanzan el 50% de rendimiento.

Normalmente se entiende por turbina de gas el conjunto formado por los siguientes elementos: filtros de aire de admisión, compresor responsable de la elevación de presión del fluido de trabajo, sistema de aporte de calor al fluido, elementos de expansión o turbina propiamente tal, escape, rotor, carcasa, cojinetes, rodamientos y sistemas auxiliares.

Sus aplicaciones son muy variadas siendo el más amplio campo de aplicación entre los motores térmicos. Inicialmente se utilizaron para la organización de trabajo mecánico y posteriormente se trasladaron al campo de la aeronáutica como elemento propulsor, sobre todo a partir de la segunda guerra mundial. Más tarde se utilizaron masivamente como elemento motor para la generación de energía eléctrica, aplicación para la que se han desarrollado modelos específicos que han tratado de adaptarse a las exigencias de ese mercado. La posibilidad de aprovechar el calor de los gases de escape para producir vapor aprovechable como energía térmica o para producir más energía eléctrica en los denominados ciclos combinados gas vapor ha provocado una auténtica revolución en el mercado de la generación eléctrica, donde la turbina de vapor había sido la reina indiscutible durante muchos años.



Fuente: Tecnología de la Cogeneración – AChEE en colaboración con RENAC

Una turbina de gas tiene 3 partes claramente diferenciadas:

La primera parte es el compresor. Aquí se va a producir la elevación de la presión del gas y se utiliza habitualmente un compresor de tipo axial que va a producir esta elevación normalmente con relaciones de presión que va a ir entre 1:10 o 1:30 (esos son los rangos más habituales). Se habrá elevado ligeramente la temperatura sí de media encontraremos que que el aire se introduce a 25°C, en la salida lo tendremos entre los 200 y 300°C dependiendo de la relación de compresión de la turbina.

Por otra parte, en la cámara de combustión se busca elevar la temperatura a valores entre los 800°C y 1.700°C en los modelos más avanzados. Con esta elevación de la presión en el compresor y esta elevación tan brusca de la temperatura que se da en la cámara de combustión se logra que el fluido que circula a través de la turbina acumule mucha energía potencial que será transformada en energía cinética, para luego transformar esa energía en energía mecánica.

Es precisamente la última parte de la turbina, conocida como turbina de expansión, que es donde ocurre la pérdida de presión del fluido otorgándole toda la energía al eje rotor que es donde se adquiere la energía mecánica, para luego ser conectado (el eje) a un generador eléctrico u otra aplicación.

En el caso de la Cogeneración, el eje va conectado a un generador eléctrico y los gases de escape son recuperados a través de intercambiadores de calor en el recuperador térmico de la turbina.

Existen diseños como los de la compañía Capstone que tienen sólo una parte móvil, el rotor, donde pueden funcionar por largos periodos de tiempo sin necesidad de mantenimientos y son extremadamente eficientes a la hora de generar calor y electricidad, del orden del 80%.

Esta tecnología permite dimensionar el tamaño y modulación según el tamaño de la edificación y sus necesidades energéticas de calor y electricidad. Las microturbinas se encuentran desde los 10 [kW] hasta 10 [MW] (capacidades mayores son posibles gracias a la instalación en paralelo de varias microturbinas) permitiendo distintas configuraciones según el sector productivo o comercial al que se aplique.

5. SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN BASE A COGENERACIÓN

Para lograr satisfacer las demandas térmicas y eléctricas de una o más edificaciones, considerando que en la actualidad no existe sistema térmico que responda a sus solicitudes, se propone un sistema de micro cogeneración (por su tamaño), que permita satisfacer ambas necesidades al unísono, utilizando la misma fuente de energía principal y permitiendo generar excesos de energía eléctrica capaces de ser inyectados al sistema eléctrico nacional y venderlo como excedente.

Así, se podrá lograr la independencia energética necesaria para no detener las clases cuando la energía eléctrica se corta por algún accidente o intermitencia en el sistema y se consigue además un mejor confort para los usuarios de ambos establecimientos, sobre todo en invierno cuando la temperatura baja considerablemente.

Con los diagnósticos de la situación actual y los resultados en los cálculos de las demandas energéticas de ambos establecimientos se puede dimensionar un sistema de cogeneración suficiente para las necesidades de ellos, los que serán analizados en las siguientes tecnologías:

- Microturbina
- Celda de combustible
- Motor alternativo de combustión interna

Se propone realizar la instalación entre ambos establecimientos para aprovechar la poca distancia de las cañerías a estos, donde se deberán considerar proyectos de ingeniería y montaje de los sistemas necesarios para la instalación del sistema, tal como una bombona de gas natural, piping y fitting necesario para las instalaciones, radiadores en todas las salas y dependencias de las edificaciones, circulaciones de ACS, etc.

Se considera además que el sistema de cogeneración deberá contar con sistemas de respaldo para su correcto y seguro funcionamiento. Estos sistemas auxiliares pueden ser una caldera auxiliar en caso de falla o mantenimiento del sistema, enfriadores/disipadores de calor en caso de tener sobre oferta de energía térmica (sobre todo en verano), inversor eléctrico, medidor especial para la inyección de electricidad sobrante al sistema y un estanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria, entre otros.

En cuanto a la estrategia de funcionamiento y configuración de los equipos para cumplir con las demandas energéticas antes revisadas, es importante mencionar que existen diferentes opciones para administrar de buena manera el sistema de cogeneración. Estas opciones dependerán de la manera en que se desee cubrir la demanda de manera eficiente y rentable.

Dentro de las diferentes opciones destaca la posibilidad de modular los equipos para trabajar a media carga de acuerdo a la demanda requerida. Esto sólo es posible en algunos modelos de equipos y no es precisamente rentable, ya que el rendimiento de los equipos baja a menor carga y se hacen menos eficientes, por ende con un costo mayor en la generación.

Además, no todos los equipos permiten la modulación y de permitirla es sólo hasta una fracción de la carga máxima del mismo.

Otra opción de funcionamiento es conectar el equipo cogenerador al sistema eléctrico convencional y utilizar el sistema como respaldo en caso de aumento de demanda eléctrica, funcionando el equipo principalmente en satisfacer las demandas térmicas. Así mismo, también puede operar de la misma manera pero produciendo energía eléctrica de manera de inyectar excedentes de la demanda del establecimiento en el sistema eléctrico nacional.

En contraste con la opción anterior, en vez de inyectar la energía y venderla al sistema, también se podría almacenar la energía producida en baterías y estanques de acumulación de ACS según corresponda, para poder hacer uso de esa energía en cuanto sea necesario hacerlo. Esta opción sin embargo tiene la desventaja temporal, ya que la energía térmica comienza a bajar su temperatura si no se ocupa en cierta cantidad de tiempo y la energía eléctrica comienza a reducirse si las baterías pasan mucho tiempo sin ser utilizadas.

En relación a lo anterior, lo ideal es poder modular el equipo cogenerador de acuerdo a las necesidades solicitadas para obtener la mejor eficiencia de los equipos.

Se propone para este trabajo la conexión del equipo CHP a la red actual para poder inyectar los excesos de energía que se produzcan en la cogeneración y obtener la compensación monetaria correspondiente. Esto se asume ayudará a mitigar los costos de la inversión y mantenciones de los equipos, y en el futuro, generar excedentes.

6. DIAGNÓSTICO CASO DE ESTUDIO

6.1. DIAGNÓSTICO DE LA ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ

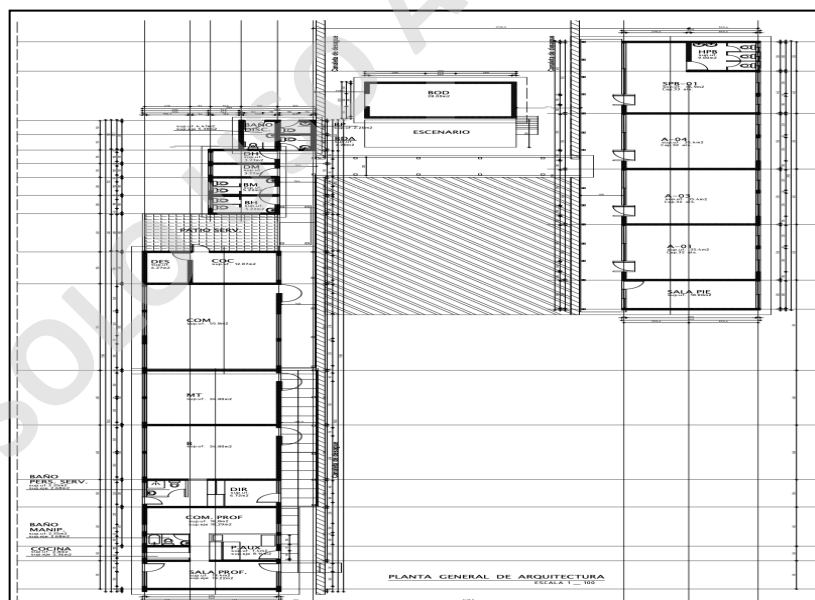
La Escuela Básica San José está ubicada en el km 20 s/n, localidad de San José de Marchigüe, sobre la ruta H-76 que une San Vicente de Tagua Tagua con la localidad de Marchigüe en la intersección con el camino I-210, en la comuna de Pichidegua.

Su Rol de Avalúo es el 58-1 / 1005-1 y se emplaza en un terreno de 8.337,00 m², en el que se encuentran edificados 490,59 m².

En la configuración de la Escuela, se aprecian dos alas paralelas de un piso. Desde el acceso, al lado izquierdo se distingue el ala más antigua de la Escuela, donde se encuentran las oficinas, sala de profesores, biblioteca, comedores, cocina, despensas, baños y duchas; mientras que en el ala derecha se encuentran las salas de clases, la sala PIE⁹ y la sala de prebásica con sus servicios higiénicos. Ambas alas se encuentran separadas entre sí por un patio central y un escenario que las une al fondo, el cual tiene una bodega en su parte posterior.

En el terreno donde se emplaza la escuela existen además una multicancha, juegos de niños, áreas verdes y una planta de tratamiento de aguas servidas.

Imagen N°9: Planta emplazamiento Escuela Básica San José



Fuente: Recuperado de planimetría de Regularización de Obra Menor de la Escuela San José de Marchigüe (Anexo N°1).

⁹ Programa de Integración Escolar, estrategia inclusiva del Ministerio de Educación para alumnos que presentan Necesidades Educativas Especiales (NEE). Su implementación es voluntaria.

Las especificaciones técnicas obtenidas en la Dirección de Obras, y que se incluyen en el Anexo N°1, definen la materialidad y sistema constructivo de la escuela de manera general de la siguiente forma:

Obra Gruesa:

- Fundaciones:

Hormigón de 170 Kg/cm³ más 20% bolón desplazado (tamaño máximo árido 40mm).

- Sobre cimientos:

Hormigón armado tipo C (180 kg/cm³ a los 28 días).

- Radier:

Serán de hormigón, de 10 cm de espesor grado H20 nivel de confianza 80%.

- Estructura:

Albañilería Armada de Bloques de Cemento y Ladrillos Cerámicos.

- Cubierta:

Planchas de zinc acanaladas de 3,5mm de espesor en 23,6m de largo según corresponda.

- Hojalatería:

Ductos para ventilación de calefón y alcantarillado en fierro galvanizado.

Terminaciones:

- Pavimentos:

Flexit de alto tránsito (3,2 mm de espesor), baldosa micro vibrada de alta compresión de 30x30cm, pavimentos cerámicos de 33x33cm y pastelones vibrados de hormigón.

- Revestimientos:

Muros de cocina y baños: cerámica de 20x30cm.

Muros interiores del resto de la construcción serán pintados con 2 manos de pintura esmalte al agua opaco.

Cielos: Planchas de yeso cartón enlucidas y con 2 manos de pintura látex.

Puertas y ventanas:

- Puertas de bastidor de madera de pino estabilizada forrada en terciado de 4mm con elementos estructurales interiores tipo Placarol. Terciado para pintar con tratamiento contra insectos.
- Ventanas en aluminio anodizado color champagne.

- Ventanas de cocina consideran malla mosquitera.

Molduras:

- Encuentro piso-muro: guardapolvos MDF 14x45mm de 3m.
- Encuentro muro-cielo: cornisa MDF 12x45mm de 3m.

Artefactos:

- Todos los artefactos de fierro enlozado y de loza serán de color blanco.

SOLO USO ACADÉMICO

6.1.1. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO GENERAL

Se revisaron los consumos eléctricos de la Escuela durante un año calendario, obteniendo como resultado lo siguiente:

Compañía Distribuidora de Energía: CGE

N.º de cliente: 3207520

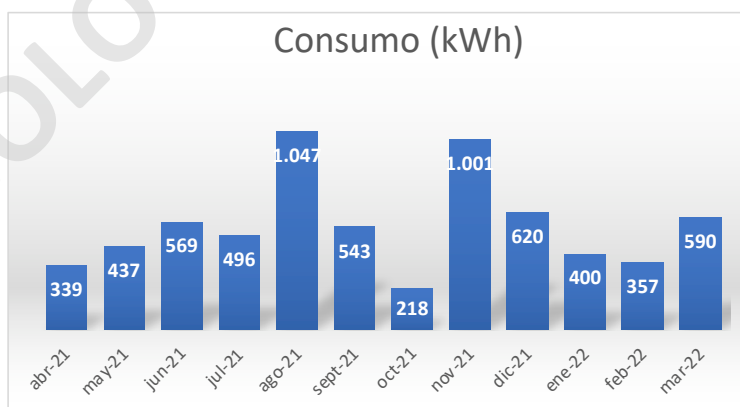
Tabla N°5: Consumo eléctrico mensual Escuela Básica San José (abril 21 – marzo 22)

Fecha emisión boleta	Mes de consumo	Consumo (kWh)
03-05-21	abr-21	339
01-06-21	may-21	437
01-07-21	jun-21	569
02-08-21	jul-21	496
01-09-21	ago-21	1.047
03-10-21	sept-21	543
02-11-21	oct-21	218
01-12-21	nov-21	1.001
02-01-22	dic-21	620
01-02-22	ene-22	400
01-03-22	feb-22	357
01-04-22	mar-22	590

Promedio kWh	551
Consumo Anual kWh	6.617

Fuente: Boletas de Consumo CGE

Figura N°1: Gráfico consumo eléctrico mensual escuela San José (abril 21 – marzo 22)



Fuente: Boletas de consumo CGE

Es importante señalar que, si bien la Escuela siempre se encuentra a disposición de los vecinos, padres, apoderados y comunidad en general, durante los años 2020 y 2021 el

establecimiento no tuvo clases presenciales durante gran parte del tiempo debido a la pandemia Covid-19, por lo que el consumo eléctrico no representa el consumo de un año normal.

La Escuela, de todas maneras, mantuvo un funcionamiento reducido para seguir entregando alimentación en todo momento y dando soporte a las clases telemáticas.

Recién el año 2022 se retomaron las clases presenciales de manera normal.

A raíz de lo expuesto, se solicitó a la empresa distribuidora de energía CGE el detalle del consumo eléctrico de los años 2018, 2019, 2020 y 2021 para disponer de una muestra representativa del funcionamiento normal de la Escuela.

Los resultados son los siguientes:

Tabla N°6: Consumos totales años 2018 al 2021

MEDICIONES DE CONSUMO [kWh]	2021	2020	2019	2018
CONSUMO ANUAL	6.227	2.990	6.109	7.617
PROMEDIO MENSUAL	519	249	509	635

Fuente: Boletas de Consumo CGE

6.1.2. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO EN CALEFACCIÓN

Desde su construcción, la Escuela no cuenta con ningún sistema de calefacción acorde a las necesidades de alumnos, docentes, trabajadores, padres y apoderados que utilizan sus dependencias.

Según el Decreto N°548/2010, del Ministerio de Educación, en su artículo 7°, en educación parvularia, las salas deben tener “una temperatura de 15 °C en las zonas: Andina, Central Interior del Río Maipo al Sur, Sur Litoral, Sur Interior y Sur Extrema.

En cuanto a la enseñanza básica y media, las aulas deberán tener una temperatura de 12 °C en las zonas: Andina, Central Interior de los Ríos Ñuble e Itata al Sur, Sur Litoral, Sur Interior y Sur Extrema”.¹⁰

Este Decreto aprobó las “normas para la planta física de los locales educacionales que establecen las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos oficialmente por el Estado, según el nivel y la modalidad de la enseñanza que impartan”.¹¹

¹⁰ Artículo N°7 del Decreto N°548/2010

¹¹ Objetivo General del Decreto N°548/2010

Sin perjuicio que la norma referida no establece una regulación para todas las zonas del país, resulta evidente la necesidad de proporcionar a todos los estudiantes condiciones adecuadas de temperatura, especialmente considerando los inviernos cada vez más fríos que afectan al país, como consecuencia del Cambio Climático.

En ese mismo sentido, en la Escuela Básica San José (como en varias escuelas rurales del país), se ha garantizado la climatización de la sala de pre básica a través de un sistema de Aire Acondicionado conectado a la red eléctrica, pero los alumnos y docentes que trabajan en los demás niveles no cuentan con las condiciones adecuadas.

Siendo que solamente en la sala de prebásica existe un sistema de calefacción, el diagnóstico para la Escuela resulta deficiente en cuanto a calefacción.

Por otra parte, se hace imprescindible un sistema que permita en invierno poder calefaccionar las salas sin exigir al sistema eléctrico con calefactores que terminan sobrecargando el sistema y dejando sin funcionar incluso el equipo de Aire Acondicionado de la sala de prebásica.

Lo anterior se enmarca en que no es posible adquirir para la Escuela estufas a gas, ni menos costear los cilindros necesarios para pasar el invierno.

Al no contar con ningún sistema que permita el confort térmico dentro de las salas, el diagnóstico arroja que el consumo energético de la Escuela San José para calefacción podría corresponder al 50% del consumo eléctrico en los meses más fríos, de mayo a septiembre solamente como un valor referencial.

Con los datos de la Tabla N°5 se obtiene que ese consumo en calefacción, a través de artefactos eléctricos, podría corresponder a 3.092 kWh/anual.

6.1.3. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Según la planimetría de la Escuela San José, tiene 2 sectores de duchas, para hombres y mujeres por separado, de 3,77 m² c/u. Además en su configuración hay 8 baños y 2 cocinas (1 para el comedor de alumnos y otra pequeña en el área de profesores).

Actualmente la necesidad de Agua Caliente Sanitaria (ACS) está resuelta con 2 calefones de 10 litros para las duchas y otro de calefón de 10 litros para la Cocina principal de la escuela. Cabe destacar que el cilindro de GLP utilizado en la Cocina de alumnos es suministrado y administrado por la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB).

SOLO USO ACADÉMICO

6.2. DIAGNÓSTICO DE LA POSTA RURAL SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE

La posta rural, al igual que la Escuela se encuentra ubicada en el km 20 s/n, localidad de San José de Marchigüe, sobre la ruta H-76 que une San Vicente de Tagua con la localidad de Marchigüe en la intersección con el camino I-210, todo en la comuna de Pichidegua. Comparte el mismo acceso con la Escuela Básica San José y están separadas por una pandereta.

Se emplaza en un terreno de 1.758,5 m², de los cuales se encuentran construidos 330,37 m².

La superficie construida se divide en 2: Una vivienda en la que se hospeda el/la auxiliar encargado/a de la Posta y la edificación de la Posta misma. La vivienda y la Posta Rural están unidas por un corredor abierto y techado.

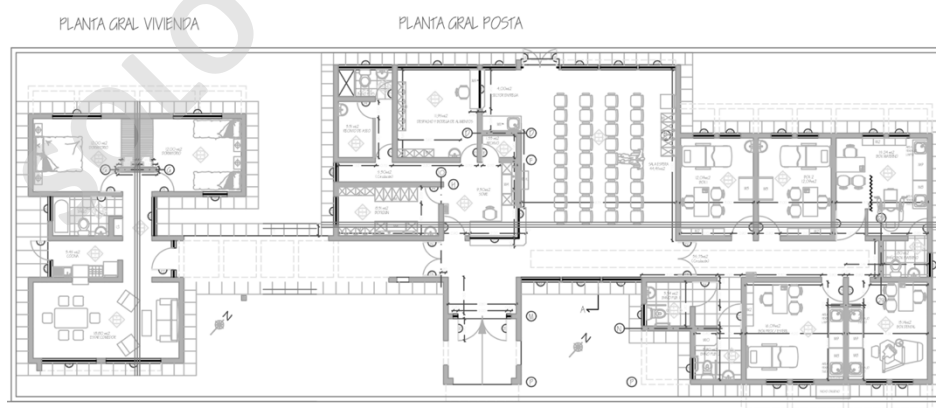
Las superficies edificadas son:

- Vivienda : 69,16 m².
- Posta Rural : 245,63 m².
- Corredor : 15,58 m².

La vivienda contempla 2 habitaciones, 1 baño, cocina con salida al exterior y living comedor.

La Posta en su distribución consta de 5 boxes de atención, 1 de ellos con baño incorporado, servicios higiénicos para los pacientes, oficina, bodega, servicios higiénicos para el personal, bodega de alimentos y una gran sala de espera.

Imagen N°10: Plano de planta de Posta Rural y vivienda



Fuente: Recuperado de planimetría Posta Rural San José de Marchigüe (Anexo N°2)

Se obtuvieron las especificaciones técnicas en la DOM¹² de la I. Municipalidad de Pichidegua, las que se encuentran en el Anexo N°2 y que describen la materialidad y sistema constructivo del establecimiento.

Obra Gruesa:

- Fundaciones:
Hormigón H-15 R28 $\geq$ 150 kg/cm² con un 20% de bolón desplazador (tamaño máximo árido 7")
- Sobrecimientos:
Hormigón H-20 R28 $\geq$ 200 kg/cm²
- Hormigón Armado en General H-25 R28 $\geq$ 250 kg/cm².
- Estructura:
Albañilería Confinada de Ladrillo Fiscal hecho a mano 15 x 30 x 6,5 cm
Mortero de pega relación cemento arena 1:3
Escalerillas ACMA cada 5 hiladas
- Cubierta:
Considera envigado de madera 2x8" sin nudos, cerchas de madera y madera contrachapada terciado de 15mm sobre las cerchas, para recibir tejas de arcilla tipo española

Terminaciones:

- Tabiquería:
Tabiques de albañilería de ladrillo fiscal puesto de soga.
- Revestimientos:
Cerámica en muros: Hall de espera, baños de la posta, cocina y baño de la vivienda; palmetas de 20x30cm de piso a cielo.
En lavamanos de boxes de atención, considera cerámica hasta 0,8m de altura en los respaldos de los artefactos.
Cielos: Planchas de yeso cartón de 10mm enlucidas
Cielo en sala de espera de la Posta: Piezas de madera machihembradas y ranuradas de 1x4"
- Pavimentos:

¹² Dirección de Obras Municipales

Alfombra en dormitorios de la vivienda

Cerámica Esmaltada en baños y cocina en palmetas de 33x33 cm

Pavimentos vinílicos color bambú en recintos interiores de la Posta

Pastelón de hormigón vibrado de 50x50cm en accesos de vivienda y Posta

Molduras:

- Posta:
Encuentro piso-muro: guardapolvo vinílico Polyfloor o similar de 70mm de alto
Encuentro muro-cielo: cornisa de poliestireno expandido de mediacaña.
- Vivienda:
Encuentro piso-muro: guardapolvo madera finger joint de 70mm de alto, rematados con ¼ rodón de madera ensamblada
Encuentro muro-cielo: cornisa de poliestireno expandido de mediacaña

Puertas:

- En Acceso a Posta y salida posterior, se consultan puertas con hojas de aluminio vidriadas
El resto de las puertas serán de madera con bastidor de coigüe o laurel de 2x2” y recubrimiento de terciado.

Ventanas:

- Se ejecutarán en carpintería de aluminio, calidad INDALUM, serie 53 o superior.

Pinturas:

- Látex vinílico en 2 manos a todas las superficies de paramentos verticales como muros estucados
- Óleo satinado en todas las superficies de cielo
- Esmalte sintético a todas las estructuras metálicas a la vista, como portones y barandas
- Barniz marino a todas las superficies o caras de madera a la vista

6.2.1. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO GENERAL

Se revisaron los consumos eléctricos de la Posta durante un año calendario, obteniendo como resultado lo siguiente:

N.º de cliente: 3207546

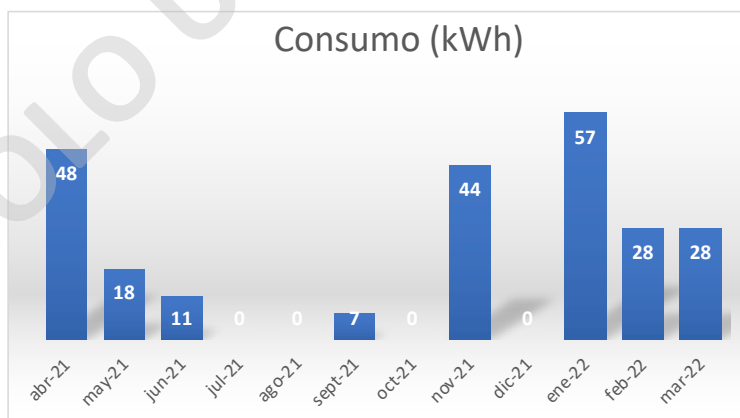
Tabla N°7: Consumo eléctrico mensual PSR San José (abril 21 – marzo 22)

Fecha emisión boleta	Mes de consumo	Consumo (kWh)
03-05-21	abr-21	48
01-06-21	may-21	18
01-07-21	jun-21	11
02-08-21	jul-21	0
01-09-21	ago-21	0
03-10-21	sept-21	7
02-11-21	oct-21	0
01-12-21	nov-21	44
02-01-22	dic-21	0
01-02-22	ene-22	57
01-03-22	feb-22	28
01-04-22	mar-22	28

Promedio kWh	20
Consumo Anual kWh	241

Fuente: Boletas de consumo CGE

Figura N°2: Gráfico consumo eléctrico mensual PSR San José (abril 21 – marzo 22)



Fuente: Boletas de Consumo CGE

Al igual que la Escuela, a raíz de la Pandemia Covid-19, la Posta dejó de recibir pacientes durante parte de los años 2020 y 2021; por lo que el consumo eléctrico analizado no representa un año normal.

En adición a lo anterior, se analizó que hay meses con consumo cero.

Esta situación se consultó en la dirección de Salud de la I. Municipalidad de Pichidegua por estos meses sin consumo y la respuesta es que el medidor de la Posta está defectuoso, desperfecto notificado a la compañía CGE para su revisión, pero aún sin resolver.

Es por lo anterior que se solicitó información de otra localidad rural de la comuna cuya Posta tenga una configuración similar en cuanto a m² y población que atiende.

Según los datos del último CENSO, la Posta de Salud Rural más parecida para este ejercicio es la ubicada en la localidad de El Toco, a 11,2 km al Sur Este de la PSR de San José de Marchigüe (ver Imagen N°7), con una población un poco mayor y un establecimiento de idéntica configuración, salvo por la vivienda, que en este caso no existe.

En consecuencia, se revisaron los consumos de un año calendario de la Posta Rural de El Toco, obteniendo los siguientes resultados:

N.º de cliente: 1512772

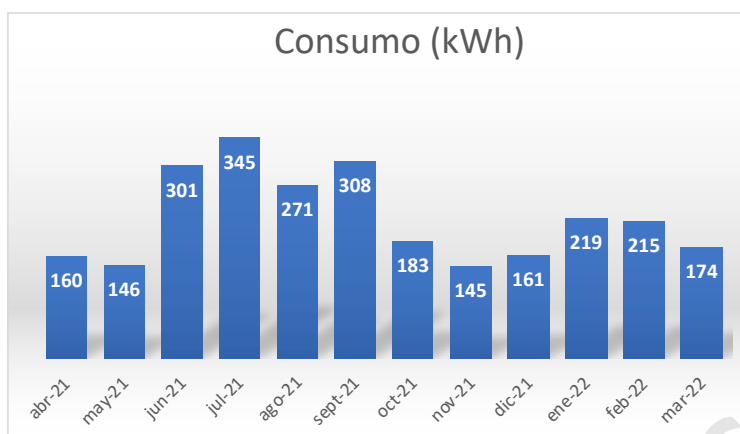
Tabla N°8: Consumo eléctrico mensual PSR El Toco (abril 21 – marzo 22)

Fecha emisión boleta	Mes de consumo	Consumo (kWh)
03-05-21	abr-21	160
01-06-21	may-21	146
01-07-21	jun-21	301
02-08-21	jul-21	345
01-09-21	ago-21	271
03-10-21	sept-21	308
02-11-21	oct-21	183
01-12-21	nov-21	145
02-01-22	dic-21	161
01-02-22	ene-22	219
01-03-22	feb-22	215
01-04-22	mar-22	174

Promedio kWh	219
Consumo Anual kWh	2.628

Fuente: Boletas de consumo CGE

Figura N°3: Gráfico consumo eléctrico mensual PSR El Toco (abril 21 – marzo 22)



Fuente: Boletas de consumo CGE

Al igual que en la Escuela, se solicitaron los antecedentes de los años 2018, 2019, 2020 y 2021 para comparar con el funcionamiento en un año sin pandemia, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla N°9: Consumos totales años 2018 al 2021

MEDICIONES DE CONSUMO [kWh]	2021	2020	2019	2018
CONSUMO ANUAL	2.157	3.434	1.911	1.739
PROMEDIO MENSUAL	180	3.434	159	145

Fuente: Boletas de consumo CGE

Se deben agregar también los kWh promedio de una vivienda unifamiliar de 60 m² para comparar fehacientemente ambos establecimientos y obtener un resultado de consumo eléctrico cercano a lo que correspondería marcar el medidor de la Posta Rural de San José de Marchigüe.

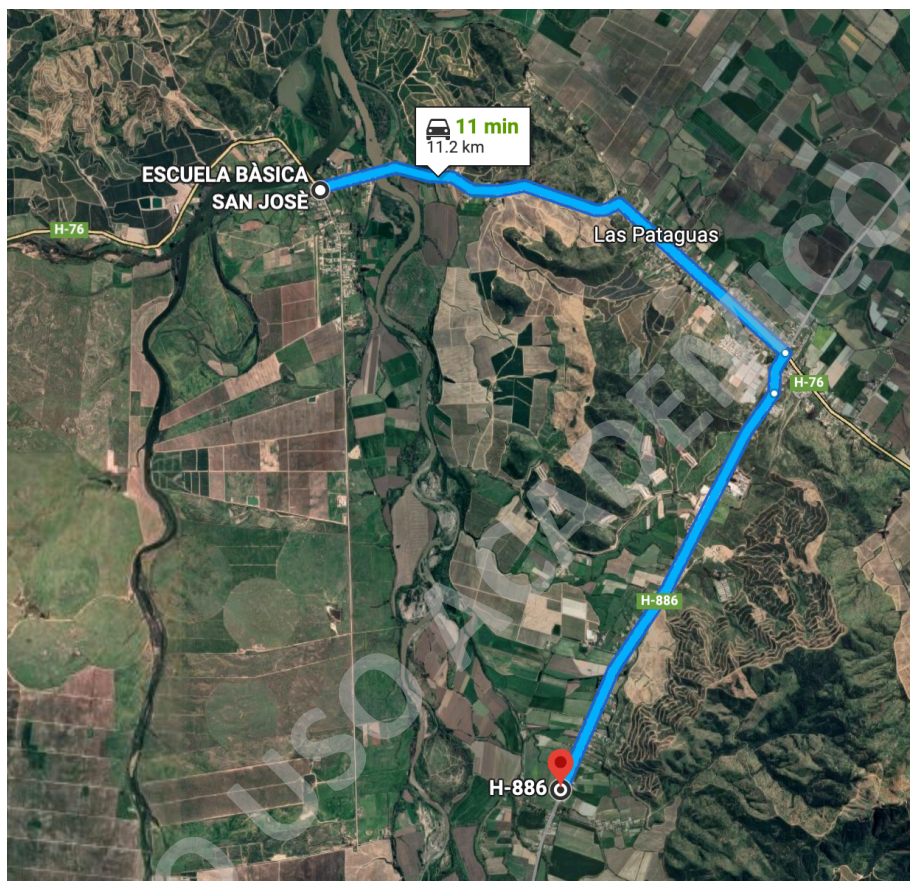
Según el resumen ejecutivo del Uso de la Energía de los Hogares de Chile 2018, parte del estudio “Usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile, 2018” de la CDT¹³ y que responde por 3.500 encuestas presenciales a nivel país; el consumo promedio nacional de una vivienda corresponde a 8.083 kWh/año de energía total (considerando 6,28 millones de viviendas e incluyendo todos los usos energéticos).

¹³ Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.

Del informe se desprende que el 25,7% del consumo total energético corresponde a la electricidad, por lo que se le asignó a la vivienda de la Posta Rural un consumo de 2.077,3 kWh anual que se agregan al consumo homologado de la Posta Rural de El Toco.

Con lo anterior, el consumo eléctrico total es de: **4.234,3 kWh/anual (2021).**

Imagen N°11: Ubicación PSR El Toco respecto de San José de Marchigüe



Fuente: Google maps

6.2.2. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO EN CALEFACCIÓN

La construcción de la Posta Rural y la vivienda que forma parte de su configuración no contempló un sistema de calefacción ni climatización, por lo que la energía utilizada para calefacción se incluye en el consumo eléctrico del establecimiento.

Según el mismo informe de la CDT citado, el 52,5% de la energía total consumida por una vivienda en Chile representa gastos energéticos en calefacción y climatización, dependiendo siempre de la zonificación térmica de emplazamiento.

Si bien ese estudio representa los consumo energéticos de una vivienda residencial y no de un establecimiento de salud, se puede inferir que incluso el consumo en climatización y calefacción debiese ser mayor en la Posta Rural, porcentualmente hablando, ya que se deberá tener una temperatura de confort constante en sus instalaciones durante todo el tiempo.

Sin embargo, al no contar con un sistema de calefacción o climatización instalado en el edificio, se consideró que el 50% del consumo eléctrico fue destinado a calefacción. Se pudo observar en visita la utilización de estufas a gas, las que no forman parte de este estudio, por su consumo esporádico..

Según lo anterior, el consumo en calefacción equivale a:

- Consumo eléctrico en calefacción : **2.117,2 kWh anual**

El diagnóstico arroja que el consumo energético de la Posta es de:

- **Consumo Eléctrico : 4.234,3 kWh/añual**
- **Consumo en calefacción : 2.117,2 kWh/añual**

CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL : 6.351,5 kWh/añual

6.2.3. DIAGNÓSTICO CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La Posta de Salud Rural no cuenta con ningún sistema de ACS.

La vivienda aledaña cuenta con un calefón de 14 lts que funciona con un GLP.

7. RESULTADOS

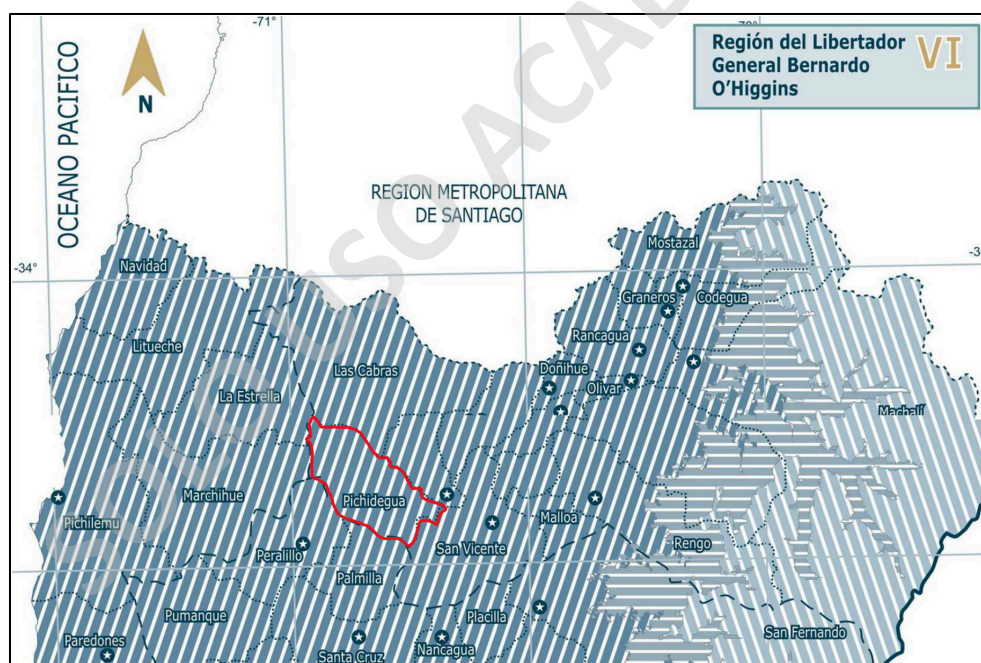
7.1. CONTEXTO Y UBICACIÓN

Para identificar las demandas energéticas, se consultaron diversas fuentes, autores e investigaciones sobre población, demanda y recursos energéticos disponibles en el sector. Se recurrió también al DAEM¹⁴ y a la administración de Salud de la I. Municipalidad de Pichidegua para obtener información e indicadores relevantes de la Escuela Básica San José y de la Posta Rural.

En relación con la demanda energética para calefacción, ni la Escuela ni la Posta desde su concepción han tenido un sistema de calefacción incorporado en su diseño, por lo que este trabajo busca entregar un aporte al confort térmico de ambos establecimientos.

Ambos establecimientos se ubican en el sector rural de San José de Marchigüe, perteneciente a la comuna de Pichidegua, en la VI región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Las coordenadas son: Latitud 34.2956 °S Longitud 71.4386 °O

Imagen N°12: Ubicación Caso Estudio Latitud 34.2956 °S Longitud 71.4386 °O



Fuente: Planos de zonificación térmica de Chile – MINVU

¹⁴ Departamento de Administración de Educación Municipal

Según lo revisado en el capítulo 1.1., el territorio nacional está dividido en 7 zonas térmicas, según el artículo 4.1.10 de la OGUC, cuya división se lleva a cabo según los grados día requeridos a lo largo de un año.

Según la zonificación térmica del país (ver Imagen N°1), la zona que le corresponde a la Escuela y la Posta Rural es la zona térmica 3, presente principalmente en la región metropolitana y la VI región.

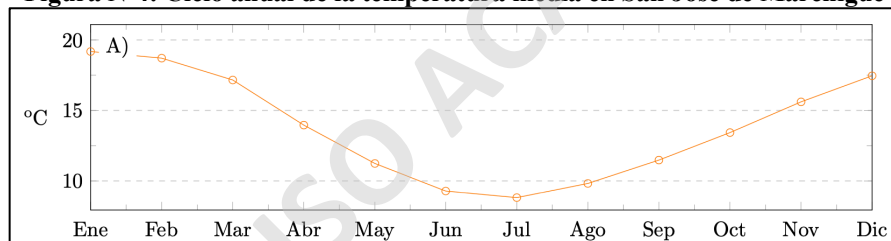
Para analizar el registro de la varianza de la temperatura se recurrió al Explorador Solar, herramienta puesta a disposición de la ciudadanía y controlada por la Universidad de Chile.

Según los datos proporcionados por el Explorador Solar, la temperatura media del lugar es, en promedio, de 13,85 °C.

Será necesario calefaccionar cuando la temperatura exterior media sea igual o inferior a 15 °C, ya que por sobre los 16 °C se considera que las personas y artefactos electrónicos indiquen en la temperatura interior elevándola hasta casi los 18 °C.

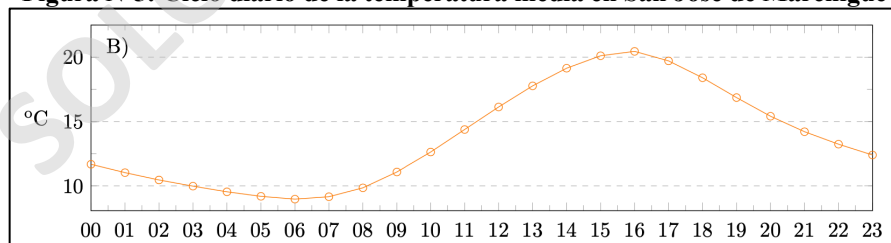
Según los datos del Explorador Solar, las temperaturas medias durante el año son las siguientes:

Figura N°4: Ciclo anual de la temperatura media en San José de Marchigüe



Fuente: Reporte Recursos Meteorológicos, Explorador Solar Latitud 34.2956 °S Longitud 71.4386 °O

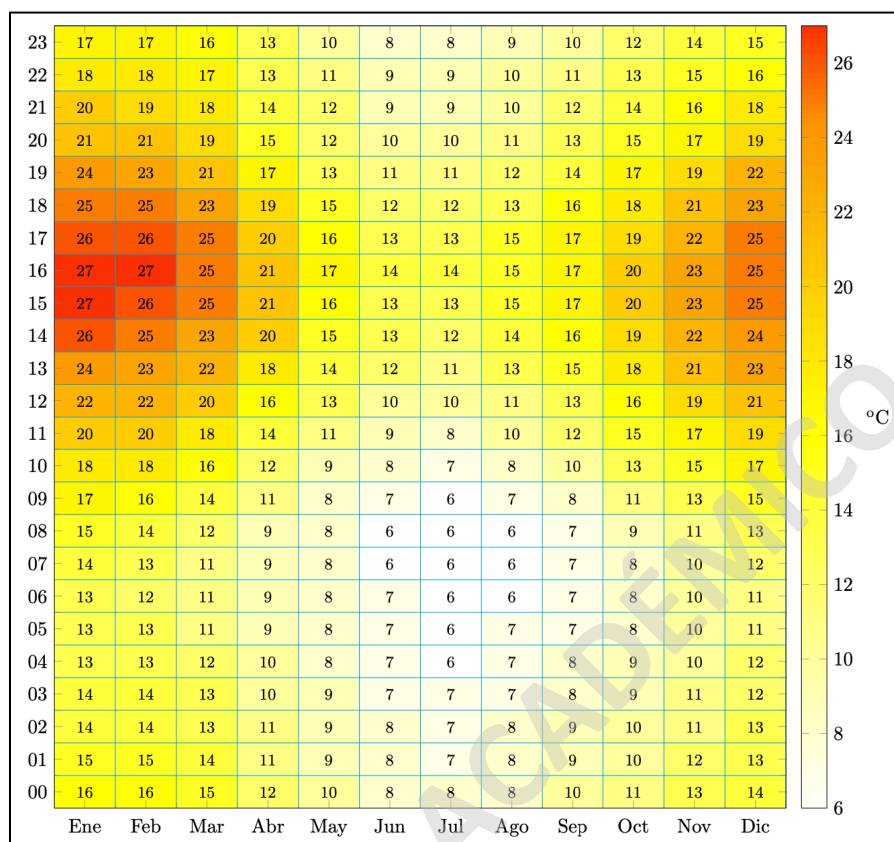
Figura N°5: Ciclo diario de la temperatura media en San José de Marchigüe



Fuente: Reporte Recursos Meteorológicos, Explorador Solar Latitud 34.2956 °S Longitud 71.4386 °O

Para la obtención de los gráficos, se tomó la información de la temperatura media de cada hora de cada día de cada mes del año, según se muestra en la figura N°6.

Figura N°6: Promedio de la temperatura para cada mes y hora del año



Fuente: Reporte Recursos Meteorológicos, Explorador Solar Latitud 34.2956 °S Longitud 71.4386 °O

7.2. DEMANDAS ENERGÉTICAS DE LA ESCUELA BÁSICA SAN JOSÉ DE MARCHIGÜE

Para el correcto diseño del sistema de cogeneración, se tomaron las solicitudes eléctricas y térmicas incluyendo en esta última la demanda de agua caliente sanitaria y la de calefacción de cada establecimiento.

7.2.1. DEMANDA ELÉCTRICA ESCUELA

Actualmente no existe ninguna norma que regule la necesidad de demanda eléctrica de un recinto educacional por su cantidad de alumnos o requerimientos según su zonificación.

Existe una indicación en el DS N.º 548 de 1988 del Mineduc, inciso a) del numeral 10 del artículo 9º, el cual indica que “La cantidad mínima de luz deberá ser equivalente a 180 lux, medida en la cubierta de la mesa de trabajo ubicada en el sector menos iluminado del recinto, con excepción de los recintos destinados a servicios higiénicos, comedor o dormitorio. Si la cantidad de luz indicada no se puede lograr por medio de la luz natural, se deberá cumplir el mínimo establecido complementándola con luz artificial”, además del inciso b) del mismo numeral y. artículo que indica “La cantidad mínima de luz en comedores, dormitorios y servicios higiénicos será de 120 lux. Cuando la cantidad de luz indicada para las salas de mudas y hábitos higiénicos de uso de lactantes y salas de hábitos higiénicos de uso de párvulos no pueda lograrse por medio de luz natural, se podrá cumplir con el mínimo exigido con luz artificial”.

Sin embargo, lo que indica el artículo es bastante general, ya que no considera potencia necesaria, ni tampoco especifica el tipo de luz artificial a utilizar. A lo anterior se suma el proyecto de diseño de iluminación y su posterior implementación, con luminarias que pueden tener distintos consumos energéticos, además de otros costos asociados.

Esta comparación, muy básica y general, no toma en consideración otras variables como asoleamiento de la sala de clases, uso del recinto, cantidad de m² a cubrir, costo asociado a transporte, etc.; lo que deja muy abierta la norma en cuanto a cómo se debe calcular y ejecutar la solicitud de luz de los recintos educacionales.

Del diagnóstico del consumo eléctrico de la Escuela, del capítulo N.º 1.1.1., se desprende que las necesidades de la escuela están cubiertas, hasta ahora, con el consumo anual promedio de **6.863 kW/h** que reflejan los años 2019 y 2018, antes de la pandemia y con una potencia instalada, informada en la boleta de consumo, de 3,3 kW (ver imagen N°8).

Considerando que la actual instalación eléctrica de la Escuela es deficiente, pues se cae el servicio si se conectan muchos aparatos a la vez, se tomó que el consumo promedio para la evaluación de esta investigación debe ser mayor al consumo anual más alto registrado en el análisis, que corresponde al año 2018 con 7.617 kW/h.

Por lo anterior, para este caso de investigación se consideró una demanda de **8.000 kWh/año**.

Para solucionar la instalación eléctrica defectuosa, se deberán efectuar trabajos de inspección y reparación del tablero principal y las canalizaciones existentes. Si fuera necesario cambiar los conductores, estos deberán ser reemplazados por un espesor mínimo de 2,5 mm² para todas las conexiones existentes. Para las nuevas conexiones se deberán respetar las Especificaciones técnicas del proyecto.

7.2.2. DEMANDA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN ESCUELA

Al no existir un sistema de calefacción instalado en la Escuela además del equipo de Aire Acondicionado de la sala de prebásica, se hace necesario acudir a la normativa actual en cuanto a calefacción de recintos educacionales se refiere, para identificar el estándar mínimo que se debe cumplir por aula o por alumno.

Según el decreto N.º 548, de 1988 del Ministerio de Educación (MINEDUC), que aprueba las normas para la planta física de los locales educacionales que establecen las exigencia mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos como cooperadores de la función educacional del estado, según el nivel y modalidad de la enseñanza que impartan, en el numeral 7 del artículo 9º, se definen las temperaturas mínimas que deberán mantener los recintos de uso de los párvulos y alumnos, excluidos los servicios higiénicos y patios, en las zonas del país que se indican en la NCh 1079, durante el tiempo de permanencia de los párvulos y alumnos, las que deberán lograrse con sistemas de refrigeración y/o calefacción, con ductos de evacuación de gases al exterior, o lo que establezcan los organismos expertos en la materia y provisto de elementos de protección contra las quemaduras, según se indica:

- “Educación Parvularia: Temperatura de 15°C en las zonas: andina, central interior del río Maipo al sur, sur litoral, sur interior y sus extrema.
- Educación Básica y Media: Temperatura de 12°C en las zonas: andina, central interior de los ríos Ñuble e Itata al Sur, sur litoral, sur interior y sur extrema”¹⁵.

Acorde a la NCh 1079, la zonificación que le corresponde a la Escuela es la central interior, sin embargo, el citado decreto condiciona la aplicación de la norma a una parte

¹⁵ Extraído del Decreto N°548, de 1988 del MINEDUC

específica de la zona para los alumnos de educación básica y media, delimitando su acción desde el río Nuble e Itata al sur, ocasionando con esto que la normativa aplique para la Educación Parvularia, más no para la Educación Básica.

De conformidad con lo analizado, y para determinar un estándar mínimo, se definió para este estudio que la norma debe aplicar para toda la zona climática central interior, homologando el criterio del decreto citado para la Educación Básica y Media para toda la zona central interior del Río Maipo al Sur, propiciando así una temperatura mínima en las salas de clases de 12°C.

Esta temperatura mínima se llevará a la temperatura de confort definida por la OMS que oscila entre los 16°C y los 21°C.

Para determinar la demanda térmica de calefacción de la Escuela se debe analizar la transferencia de calor de su envolvente térmica y se deberá calcular el calor de diseño dentro del recinto para alcanzar la temperatura de confort.

A través de la ley de enfriamiento de Newton se calculan las pérdidas de calor, ya que esta postula que cuando un cuerpo pierde calor tiene directa relación con el ambiente donde se encuentra y la diferencia de la temperatura del cuerpo:

(ecuación 3)

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{interior} - T_{exterior})$$

A : Área de transferencia de calor [m²]
 U : Transmitancia térmica [W/m²K]
 T : Temperatura

La temperatura interna se tomó pensando en el confort térmico y la necesidad de calefacción hasta los 16°C, puesto que después de esa temperatura se considera que los cuerpos y artefactos eléctricos aportan la temperatura suficiente para elevar la temperatura del recinto a los 18°C.

La temperatura externa está dada por la matriz de promedio de temperatura para cada mes y hora del año para las coordenadas de la Escuela (Figura N°6), con la que se calcula la diferencia cuando la temperatura externa es inferior a los 16°C

Para aplicar la ecuación 3 se determinan los valores A y U según la Tabla N°6 y Tabla N°8

Tabla N°6: Superficie de los Cerramientos de la Envolvente de la Escuela

Superficie (m2)	Techumbre	Muros	Ventanas	Puertas	Piso Perimetral
Escuela	427,2	371,5	79,7	26,1	159,1

Fuente: Planimetría Escuela

El coeficiente de transmitancia térmica se debe calcular para cada cerramiento de forma separada.

Para el cálculo de la techumbre, que tiene distintas condiciones en ambas alas de la edificación, se tomó el valor más conservador para la zona 3, según el artículo 4.1.10 de la OGUC y la información de la Tabla N°1, que corresponde a $0,47 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

Los muros de la edificación, según las EETT (ver anexos) corresponden a Albañilería Armada de Bloques de Cemento y Ladrillos Cerámicos, sin embargo para el Ala Antigua no hay registro del sistema constructivo, por lo que se tomó el valor máximo de transmitancia térmica que corresponde a $1,9 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ para la zona 3.

Las ventanas de la escuela son de diferente configuración en ambas alas de la Escuela, ya que presentan distintos materiales en sus marcos. El Ala Antigua tiene instalados marcos metálicos y vidrios monolíticos, mientras que en el Ala Nueva los marcos son de aluminio con vidrio monolítico.

Según la información de la Tabla N°3, los valores de la transmitancia térmica U para las ventanas sería en el Ala Antigua de $5,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ y de $5,3$ para el Ala Nueva. Luego, para efectos de homogeneizar la información para el cálculo de calefacción, se determinó que se utilizará el valor más desfavorable, que corresponde a los $5,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

Las puertas son de madera, de un espesor de $0,05 \text{ [m]}$ con una conductividad relativa del material de $0,1 \text{ [W/mK]}$. Aplicando la ecuación 1 se obtiene que la resistencia térmica de las puertas alcanza $0,5 \text{ [m}^2\text{K/W]}$. Luego, se aplicaron las resistencias térmicas de superficie de la tabla N°2, tomando el flujo horizontal en elemento vertical cuando la separación es con el espacio exterior o local abierto $R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ para obtener la transmitancia térmica $U = 1,49 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Para los pisos en contacto con el terreno, se utiliza la definición de transmitancia térmica lineal, la que corresponde al flujo de calor que se pierde por metro de perímetro exterior del piso considerado, por cada $^{\circ}\text{C}$ de diferencia de temperatura entre el recinto y el exterior. Se deben considerar los siguientes factores según la tabla 4 de la NCh 853:

Tabla N°10: transmitancia térmica lineal según aislación del piso considerado

Aislación del piso o radier	Resistencia térmica total, R_T $\text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C/W}$	Transmitancia térmica lineal, K_L $\text{W}/(\text{m} \times \text{K})$
Corriente	0,15 - 0,25	1,4
Medianamente aislado	0,26 - 0,60	1,2
Aislado	> 0,60	1,0

Fuente: Tabla 4 de la NCh 853

El piso de la escuela, Radier de 10 cm revestido con cerámica, se considera aislado, entregando una transmitancia térmica lineal de $1,0 \text{ [W/mK]}$ según la Tabla N°7.

Tabla N°11: Transmitancia térmica de Cerramientos de La Envolvente de la Escuela

U [W/m²K]	Techumbre	Muros	Ventanas	Puertas
Escuela	0,47	1,9	5,8	1,49

Fuente: Elaboración propia

Luego, aplicando la ecuación 3 para determinar la transferencia de calor, se tomaron todas las diferencias de temperatura de la figura 6 para cada mes y hora del año cuando estas fueron inferiores a los 16°C, lo que generó una matriz de la demanda térmica anual.

Se calculó la matriz al horario de funcionamiento de la Escuela entre las 07:00 y las 21:00 hrs. en promedio de lunes a domingo. Sumando los valores, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla N°12: Resultado demanda térmica para calefacción Escuela

Demanda Térmica Calefacción Escuela	21.700 [kWh/anual]
--	---------------------------

Fuente: Elaboración propia

7.2.3. DEMANDA TÉRMICA AGUA CALIENTE SANITARIA ESCUELA

Según consta en el manual de diseño para el calentamiento del agua, del CDT de la CChC, el consumo medio de ACS varía según el tipo y uso de la edificación. Para estos consumos existen criterios definidos según lo siguiente:

Tabla N°10: Criterios de consumo de ACS

Criterio de Consumo	Lts./día	
Viviendas Unifamiliares	40	por persona
Viviendas Multifamiliares	30	por persona
Hospitales y Clínicas	80	por cama
Hoteles (4 Estrellas)	100	por cama
Hoteles (3 Estrellas)	80	por cama
Hoteles/Hostales (2 Estrellas)	60	por cama
Campings	60	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 Estrella)	50	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80	por cama
Vestuarios/Duchas Colectivas	20	por servicio
Escuelas	5	por alumno
Cuarteles	30	por persona
Fábricas y Talleres	20	por persona
Oficinas	5	por persona
Gimnasios	30 a 40	por usuario
Lavanderías	5 a 7	por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15	por comida
Cafeterías	2	por almuerzo

Fuente: Manual de diseño para el calentamiento de agua – CDT, CChC.

El agua caliente sanitaria se define como agua potable destinada a consumo humano y calentada, generalmente almacenada a 60 °C, para luego ser consumida en un rango entre los 30 y los 45 °C. Se produce calentando el agua fría que viene de la matriz de agua potable desde una temperatura que en Chile oscila entre los 15 °C y los 5 °C aproximadamente dependiendo de la zona del país.

Para el diseño del sistema se debe contar con los consumos anuales de ACS de la Escuela, los cuales serán calculados según el criterio de la Tabla N°10 y contrastados con la matrícula del establecimiento que considera 71 alumnos.

Además de lo anterior se debe tener en cuenta el factor de simultaneidad en función de los puntos de consumo, ya que no todos los puntos serán utilizados al mismo tiempo, el que se determina como 0,9.

Para obtener el consumo diario de ACS se deberá multiplicar el número de alumnos por el criterio de la Escuela en la tabla N°10 y luego por el factor de simultaneidad.

Luego, se debe determinar la energía necesaria para producir el ACS, esto es, llevarla desde la temperatura inicial de la red hasta la temperatura final de acumulación de 60 °C, donde la temperatura inicial para la provincia de Cachapoal (tomado en Rancagua) es de 15,4 °C promedio anual¹⁶ ([Sitio Solar](#), portal de energías renovables)

Se definen el calor específico del agua en 4,185 [kJ/kg·K] y su densidad de 0,983 [kg/l] para los cálculos de la energía a utilizar:

$$E_{ACS} = \frac{1}{3.600} \cdot \rho \cdot C_{ACS} \cdot (t_{ACS} - t_{AF}) \cdot C_p \quad (\text{ecuación 5})$$

Fuente: Manual de metodología y evaluación social de proyectos de agua caliente sanitaria domiciliaria – Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2019)

E_{ACS} : Energía para producir agua caliente sanitaria [kWh/día]
 ρ : Densidad del Agua [kg/l]
 C_{ACS} : Consumo de Agua Caliente Sanitaria [l/día]
 t_{ACS} : Temperatura de ACS [°C]
 t_{AF} : Temperatura de agua fría [°C]
 C_p : Calor específico [kJ/kg·K]

Utilizando los datos ya considerados y aplicando la ecuación 5 se obtiene la energía diaria que requiere el sistema de ACS para un día promedio del año.

Tabla N°13: Cálculo consumo de ACS Escuela.

Ítem	Unidad	Valor Escuela
Consumo criterio Tabla 10	[l/día/persona]	5
Número de alumnos	persona	71
Coef. Simultaneidad	-	0,9
Consumo Diario	[l/día]	320
Consumo Anual	[m3/año]	117
Demanda Térmica Anual	[kWh/año]	5.944

Fuente: Elaboración propia

¹⁶ Referencias de la matriz de Sitio Solar (http://www.sitiosolar.com/PROGRAMA_FCHART_SITIOSOLAR_CHILE.xls)

7.3. DEMANDA ENERGÉTICA POSTA RURAL

Una Posta de Salud Rural (PSR), según las Normas Técnicas de las Postas de Salud Rural, del Ministerio de Salud; es un establecimiento de menor complejidad que forma parte de la red asistencial, localizado en sectores rurales de mediana o baja concentración de población o de mediana o gran dispersión, a cargo de las acciones de salud en materia de prevención, promoción, fomento, protección y recuperación de la salud, y del seguimiento de la situación de salud de las comunidades rurales.¹⁷

Las Postas rurales cubren o intentan cubrir las necesidades de salud de localidades de entre 500 y 4.500 habitantes permanentes.

Existe un técnico paramédico residente y un sistema de turnos cuando hay más de uno.

En el caso de la Posta de San José, existe un paramédico residente, quien habita la residencia aledaña a la Posta.

El rol principal de una PSR es la Anticipación al daño, a través de programas de salud orientados a la prevención en toda materia: salud física, mental, detección de adicciones, detección de factores de riesgo, fomento de factores de protección de salud.

La localidad de San José de Marchigüe, según los datos del último Censo (2017), tiene una población de 741 personas, se estiman cercana a las 1.000 personas en el año 2022.

Las PSR son establecimientos de atención netamente ambulatoria, cuya complejidad la deberá determinar el personal a cargo, sino derivar a la red de asistencia que le corresponda.

7.3.1. DEMANDA ELECTRICA POSTA RURAL

Según lo descrito, la PSR de San José de Marchigüe, dentro de sus atenciones, maneja un sillón especial para atención del box maternal, un box de atención dental, otro box para procedimientos estériles (primeros auxilios) y las dependencias suficientes para entrega de medicamentos y alimentos según corresponda. Los demás boxes son utilizados, dependiendo de los programas y el calendario de estos, por nutricionistas, asistentes sociales, kinesiólogo/a, enfermero/a, psicólogo/a, matrón/a, técnico paramédico y médico/a, según corresponda.

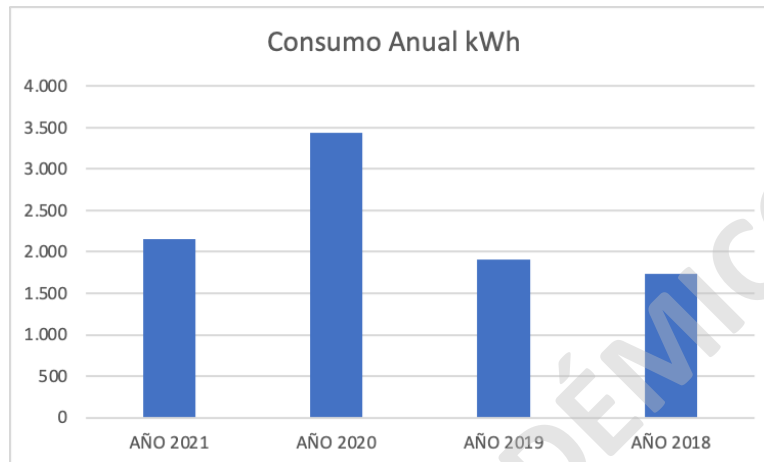
En relación con la descripción de la PSR se puede observar que no tiene gran demanda energética y que los consumos de años anteriores demuestran la demanda promedio que pueden tener en un año calendario.

¹⁷ Definición basada en la Ley de Autoridad Sanitaria 19.937

Es por lo anterior que la demanda de la PSR está dada por el promedio de consumos analizado en el capítulo 1.2.1. de esta memoria.

El consumo de los últimos 4 años se ve reflejado en la imagen N°10

Figura N°8: Consumo anual PSR El Toco



Fuente: Boletas de Consumo CGE

Se puede observar que el punto de consumo más alto ocurrió durante el año 2020, año más duro de la pandemia, donde la Posta funcionó también como centro de vacunación.

Para este trabajo se tomó el promedio de los 4 años, que arrojan **2.310 kWh/año**.

7.3.2. DEMANDA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN PSR

Desde su concepción, la PSR de San José de Marchigüe no cuenta con ningún sistema de calefacción.

La demanda de calefacción tiene que ver con los usuarios que atiende, los m² construidos y el confort térmico para tener una atención digna y acorde a los requerimientos de la población.

El confort térmico, si bien es un estado mental de cada individuo en relación con el entorno donde se encuentre, se puede definir la temperatura de confort para un espacio cerrado. Esta, según la OMS, varía entre los 18°C y 21°C para una persona en reposo y entre los 16°C y 18°C para una persona activa, variando siempre según la función que esté desempeñando.

Para poder mantener la temperatura entre los 16°C y los 21° se requieren temperar 314,79 m², incluida la vivienda que habita el paramédico a cargo de la PSR.

Se utilizó el mismo criterio que con la Escuela para el cálculo de la Potencia Requerida para calefaccionar la superficie construida de la PSR.

Para esto se tomaron las superficies de los cerramientos de la envolvente y poder aplicar la ecuación 3 de transferencia de calor.

Tabla N°14: Superficies de cerramientos de la envolvente de la PSR

Superficie (m2)	Techumbre	Muros	Ventanas	Puertas	Piso Perimetral
Posta + vivienda	314,79	194,89	74,61	11,59	106,76

Fuente: Planimetría PSR

Para los valores de transmitancia térmica se escogieron de manera conservadora los valores máximos del artículo 4.1.10 de la OGUC (Tabla N°1) para la zona 3, equivalente a 0,47 [W/m²K] para la techumbre y 1,9 [W/m²K] para los muros de la edificación.

Las ventanas de la PSR son todas de marcos de aluminio y vidrio monolítico, que según la Tabla N°3 su transmitancia térmica es de $U=5,3$ [W/m²K]. Se incluyen además en la superficie de las ventanas, todas las puertas vidriadas de las mismas características.

Las puertas que dan al exterior de la PSR y que configuran su envolvente, son puertas vidriadas (P5, P6 y P8 según la planimetría), por lo que se consideran con la misma transmitancia térmica de las ventanas, es decir $U=5,3$ [W/m²K].

El piso de la PSR, se considera aislado, entregando una transmitancia térmica lineal de 1,0 [W/mK] según la Tabla N°7.

Tabla N°15: Transmitancia térmica de los cerramiento de la envolvente de la PSR

U [W/m²K]	Techumbre	Muros	Ventanas	Puertas
Posta + vivienda	0,47	1,9	5,3	5,3

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores y aplicando la ecuación 3 de transferencia de calor, tomando las diferencias de temperatura de la figura 6 para cada mes y hora del año cuando fueron inferiores a los 16°C, generando una matriz de demanda térmica anual, se llegó al resultado de la Tabla N°16 tomando en consideración que la PSR puede atender público las 24 hrs del día, aunque este no sea el caso en la realidad.

Tabla N°16: Resultado demanda térmica para calefacción PSR

Demanda Térmica PSR + vivienda	33.909 [kWh/anual]
---------------------------------------	---------------------------

Fuente: Elaboración propia

7.3.3. DEMANDA TÉRMICA AGUA CALIENTE SANITARIA POSTA RURAL

El cálculo de la demanda energética para producir ACS para la PSR se determinó utilizando el mismo método que en la Escuela Básica, por lo tanto las consideraciones son las siguientes:

Se tomó el criterio de la vivienda unifamiliar para el recinto que está a cargo del paramédico de la PSR y se consideró como Restaurant (por el consumo diario de ACS) a la Posta ya que no tiene camarines ni comedores, ambos valores según la Tabla N°10.

El factor de simultaneidad se mantiene en 0,9 tal como en la Escuela, además de considerar las mismas temperaturas de agua fría y de agua caliente, el calor específico del agua y su densidad.

Con lo anterior, se calculó la energía necesaria para producir el ACS con la ecuación 5, tanto en la vivienda como en la PSR y los resultados son los siguientes:

Tabla N°17: Cálculo consumo de ACS Vivienda y PSR

Ítem	Unidad	Vivienda	Posta Rural
Consumo criterio Tabla 10	[l/día/persona]	40	8
Número de personas	persona	4	8
Coef. Simultaneidad	-	0,9	0,9
Consumo Diario	[l/día]	144	58
Consumo Anual	[m3/año]	53	21
Demanda Térmica Anual	[kWh/año]	2.679	1.072

Fuente: Elaboración propia

7.4. RESUMEN DEMANDAS ENERGÉTICAS

Las demandas energéticas para el diseño del sistema de Cogeneración están dadas por los cálculos realizados en los capítulos 4.2. y 4.3., teniendo como resultado la Tabla N°13.

Tabla N°18: Resumen Demanda Energéticas Escuela y PSR

Demanda Energética	Escuela	PSR + Vivienda
Eléctrica [kWh/año]	8.000	2.310
Térmica Calefacción [kWh/año]	21.700	33.909
Térmica ACS [kWh/año]	5.944	3.751

DEMANDA ELÉCTRICA TOTAL	10.310 [kWh/año]
DEMANDA TÉRMICA TOTAL	65.304 [kWh/año]

Fuente: Elaboración propia

8. EQUIPOS DE COGENERACIÓN

Debido a la flexibilidad que tiene la demanda eléctrica de conectarse a la red y suplir períodos de mucha demanda e incluso inyectar la energía producida cuando la demanda es baja, tal como se explica en el capítulo 2.1., es que el sistema se diseña a partir de la demanda térmica de los establecimientos contenida en la Tabla N°18, donde, si se reparte de manera uniforme el consumo en las 8.760 horas que tiene un año, se obtiene que la potencia térmica equivale a 7,45 [kW].

La demanda eléctrica por otra parte, equivale a casi 1,2 [kW].

En la actualidad, los equipos de cogeneración más pequeños son llamados equipos de micro cogeneración, micro CHP o μ CHP, cuya principal virtud es que tienen una generación eléctrica desde los 5 [kW] (algunos incluso pudiendo ser modulados desde los 2 [kW]) haciéndolos especialmente adecuados para este tipo de configuración.

Las curvas de demanda diaria de los establecimientos van a considerar demandas distintas en ciertos períodos del año. En verano por ejemplo, la demanda térmica será menor a la eléctrica y en invierno será lo contrario.

De las tecnologías revisadas, las que llaman la atención para el desarrollo de este trabajo son las que utilizan el motor a combustión interna, las celdas de combustible y la microturbina, ya que es donde más se ha desarrollado la tecnología en cuanto a la micro cogeneración.

Se determinó evaluar 3 equipos, uno por cada tecnología, que lograran satisfacer las demandas energéticas de las edificaciones en conjunto.

Se obtuvieron fichas técnicas de equipos de cogeneración en base a celdas de combustible, motor alternativo y microturbinas, cuyas principales características se definen en las tablas a continuación:

8.1. HELBIO H₂PS-5

Este equipo de micro CHP en base a celdas de combustible se caracteriza principalmente por su generación de 5 [kW] eléctricos y hasta 7 [kW] de energía térmica. Utiliza la tecnología de celdas PEM de baja temperatura de operación y puede funcionar con distintos combustibles, como el GN, Propano, GLP y Biogás.

La ficha del equipo se encuentra en el Anexo 9.3.

Tabla N°19: Especificaciones Técnicas Equipo Cogenerador Helbio H₂PS-5

Proveedor	Helbio
Modelo del Equipo	H ₂ PS-5
Tipo de tecnología	Celda de Combustible
Tipo de Celda	PEM
Combustible	GN, GLP, Biogás
Potencia Eléctrica nominal	5 [kW]
Potencia Térmica nominal	7 [kW]
Eficiencia global	85%
Eficiencia eléctrica	35%
Eficiencia térmica	50%
Capacidad de modulación	40 a 100%
Dimensiones (largo x ancho x alto)	0,65 x 0,75 x 1,65 [m]
Peso	200 [kg]

Fuente: Ficha Técnica equipo H₂PS-5 – Ver anexos

Este equipo permite modular desde los 2 [kW] de generación eléctrica, lo que lo hace ideal para la configuración del caso de estudio.

Lamentablemente la Empresa Helbio no puede distribuir sus equipos en Sudamérica por el momento, y no se encontró ningún distribuidor autorizado en Chile o la región, por lo que este equipo no será analizado para el caso de Estudio.

8.2. CAPSTONE C65

Este equipo CHP es una microturbina diseñada para funcionar con GN, GLP y Biogás y su diseño contempla sólo una parte móvil, lo que garantiza una mínima mantención del equipo. Sus cojinetes de aire patentados hacen que no necesiten lubricantes ni líquidos de refrigeración y se puede integrar la energía de red local directamente en el equipo.

Tabla N°20: Especificaciones técnicas de equipo cogenerador Capstone C65

Proveedor	ISPG Distribuidor Capstone Chile
Modelo del Equipo	C65
Tipo de tecnología	Microturbina
Combustible	GN
Potencia Eléctrica nominal	65 [kW]
Potencia Térmica nominal (núcleo de cobre)	122 [kW]
Potencia Térmica nominal (núcleo Acero Inox)	70 [kW]
Eficiencia global	90%
Eficiencia eléctrica	28%
Eficiencia térmica	62%
Capacidad de modulación	-
Dimensiones (largo x ancho x alto)	0,76 x 2,20 x 2,36 [m]
Peso	Entre 998 y 1.364 [kg]

Fuente: Ficha técnica Capstone C65 – Ver anexos

Este equipo, según requerimientos, puede instalarse en serie hasta llegar a los 30 [MW] de generación eléctrica.

Este modelo presenta la posibilidad de contar con un núcleo de acero inoxidable o de cobre, lo que varía finalmente en su precio y su capacidad de recuperación térmica.

Posee bajas emisiones, produce un ruido de funcionamiento cercano a los 65 dB y puede ser monitoreado de manera remota.

8.3. EC POWER XRG1 6

Equipo CHP basado en un motor alternativo que funciona con GN, GLP o Biogás como combustible.

Este sistema ofrece entregas de energía de 6 [kW] de electricidad y 14,4 [kW] de energía térmica, modulables desde el 50% de capacidad del equipo. Además contempla la venta del equipo en conjunto con el distribuidor de calor y el módulo de control. Sistema completo que además se puede ampliar con un estanque acumulador de calor desde los 500 hasta los 1.000 litros.

Tabla N°21: Especificaciones Técnicas de equipo EC POWER XRG1 6

Proveedor	EC POWER
Modelo del Equipo	XRG1 6
Tipo de tecnología	Motor Alternativo
Combustible	GN
Potencia Eléctrica nominal	6 [kW]
Potencia Térmica nominal	12,4 [kW]
Eficiencia global	92,4%
Eficiencia eléctrica	30,1%
Eficiencia térmica	62,3%
Capacidad de modulación	50 a 100%
Dimensiones (largo x ancho x alto)	0,93 x 0,64 x 0,96 [m]
Peso	440 Kg

Fuente: Ficha técnica XGRI 6 – Ver Anexos

Este equipo emite ruido equivalente a 49 dB y su intervalo de mantenciones es de 10.000 horas de servicio.

Existe actualmente también la solución de un sistema que incluye todo el sistema para llegar y conectarse llamado POWER HOUSE y su equivalente en términos de generación sería el modelo 50S6, con la diferencia que la generación térmica aumenta a 64,3 [kW]. La generación eléctrica se mantiene igual.

9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Según lo expuesto con anterioridad, la cogeneración se destaca por ser altamente eficiente a la hora de producir energía, ya que en vez de desperdiciar los gases de combustión o la temperatura generada al producir electricidad, los recupera y produce energía térmica mayor que la propia generación eléctrica, razón por la cual uno de los principales objetivos de esta tecnología es generar ahorros que incentiven la utilización de la misma y ayudar con esto a la reducción de emisiones contaminantes y la descentralización de la generación eléctrica.

Dicho lo anterior, los equipos de CHP y micro CHP deben ser lo más eficiente posible para también ahorrar combustible en la producción de calor y electricidad. Lamentablemente, esta tecnología aún requiere de una fuerte inversión inicial por lo que se propone estudiar la posible recuperación de la inversión en un período de tiempo determinado, además de analizar los ahorros y ganancias proyectadas en la inyección de energía en la red.

Es necesario saber los precios actuales de [kWh] de electricidad vendida por la compañía, el valor nudo al que se pagarán los [kWh] inyectados a la red y el valor del combustible para abastecer el equipo de CHP. Al calcular los flujos se determinará el valor actual neto (VAN) con la tasa de interés señalada y concluir si es rentable o no.

El costo del Gas Natural y la Electricidad se obtiene directamente de los proveedores de la energía, Metrogas y GCE, respectivamente. En el caso de GCE se obtienen los valores según la tarifa contratada BT1, mientras que el valor del GN depende de la declaración en la tarifa BCR01R para la región de O'Higgins del informe de Mayo 2022 de la compañía Metrogas, según las tablas N°22, 23 y 24.

Tabla N°22: Tarifa BT1 CGE Distribución para comuna de Pichidegua

Administración del servicio	1.046,93	\$/mes
Transporte de electricidad	20,782	\$/kWh
Electricidad consumida	115,205	\$/kWh

Fuente: Tarifado suministro eléctrico CGE 1 de Junio 2022 – Ver Anexos

El valor del kWh sube si se sobrepasa el consumo por sobre el límite de invierno (430 kWh según boletas de consumo), obteniendo los siguientes valores para la Electricidad consumida:

Tabla N°23: Consumo por sobre límite de invierno CGE

Administración del servicio	1.046,93	\$/mes
Transporte de electricidad	20,782	\$/kWh
Electricidad consumida ¹⁸	151,538	\$/kWh

Fuente: Pliego tarifas Metrogas 2022.05.26 – Ver Anexos

En consecuencia con lo anterior, el precio de la energía será de 135,987 [\$/kWh] y de 172,32 [\$/kWh] si se sobrepasa el límite de consumo de invierno, además de los costos de administración para cada caso.

Tabla N°24: Tarifa BCR01R Metrogas para la región de O'Higgins

Tarifas por tramos		
Tramos en M3/(30 días) (1)		Tarifas [\$/M3](2)
Mayor que	Hasta	C/IVA
0	5	2.012
5	10	1.608
10	25	1.602
25	40	1.444
40	60	576
60	130	1.179
130	170	1.213
170	700	1.209
700	900	1.204
900	y más	1.198

Fuente: Pliego tarifas Metrogas 2022.05.26 – Ver Anexos

El valor nudo, al cual será vendida la electricidad excedente del sistema CHP se calcula como el valor de la energía vendida por la compañía restando el transporte de electricidad y los costos de administración del servicio.

Este valor, corresponde a 78,87 [\$/kWh]¹⁹

La tarifa varía según el consumo de cada equipo. Este será informado por cada proveedor, pero también se puede tomar el rendimiento del mismo y dividirlo por la producción de energía eléctrica (o térmica según corresponda) y se obtiene el consumo de la energía primaria.

¹⁸ Cargo por energía + Cargo por compra de Potencia + Cargo por potencia base en su componente de distribución.

¹⁹ Corresponde sólo el cargo por energía.

Ya que no existe ningún sistema térmico o de calefacción instalado en las edificaciones estudiadas, no hay comparación con un sistema normal de abastecimiento de calor, puesto que nunca ha sido parte del presupuesto de la Escuela ni de la Posta Rural.

Este trabajo representa una innovación en la infraestructura y su análisis se centra en la rentabilidad del proyecto y recuperación de la inversión, considerando además la inyección de electricidad en la red del SEN como ingresos.

Los valores referenciales, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y su división de CHP (EPA Combined Heat and Power Partnership)²⁰ para los diferentes sistemas de CHP van desde los USD 2,500 a USD 4,300 (\$/kW) para las microturbinas, entre USD 1,500 y USD 2,900 (\$/kW) para los motores alternativos y entre USD 5,000 y USD 6,500 (\$/kW) para los equipos de celdas de combustible.

Se consideran estos valores para los análisis ya que no se logró contar a tiempo con cotizaciones formales de los equipos mencionados.

Los supuestos del análisis económico de los diferentes equipos CHP son los siguientes:

- El valor de la instalación y puesta en marcha corresponde a un 3% del valor comercial del equipo.
- El costo de mantenciones anuales corresponde a un 5% del valor comercial del equipo.
- La depreciación según tablas del servicio de impuestos internos corresponde a 10 años.
- El financiamiento de los equipos corresponde a un crédito a 5 años con una tasa del 10%
- Este análisis contempla un horizonte de evaluación de 20 años, aplicando una tasa de descuento del 12%.
- El combustible utilizado en los equipos es gas natural.

²⁰ Ver anexos para artículo completo. [Combined Heat and Power \(CHP\) | WBDG - Whole Building Design Guide](#)

9.1. CAPSTONE C65

Al ser la microturbina más pequeña del fabricante, se tomó el menor valor por kWe según la US EPA CHP Partnership, esto es USD 2,500 (\$/kWe) lo que arroja una inversión de USD 162,500, equivalentes a un poco más de 143 millones de pesos.

Se tomó la información del fabricante y se diseñó un flujo de caja para evaluar el retorno de la inversión y su comportamiento en un horizonte de 20 años.

Se trabaja con los supuestos antes expuestos buscando un retorno a la inversión inicial calculando la inyección de los excedentes eléctricos producidos por el equipo CHP restando el consumo anual de ambas edificaciones y valorizando al valor nudo de la compañía.

Los costos de energía dependen de las especificaciones de cada equipo y según su consumo mensual varía el valor del combustible según la Tabla N°24.

Tabla N°25: Flujo de caja con equipo CHP Capstone C65

Valores en M\$/año

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 5	Año 6	Año 10	Año 15	Año 20
Ingresos por ventas	0	43.480	43.480	43.480	43.480	43.480	43.480	43.480	43.480
Costos Energía	0	-31.123	-31.123	-31.123	-31.123	-31.123	-31.123	-31.123	-31.123
Margen Bruto	0	12.357	12.357	12.357	12.357	12.357	12.357	12.357	12.357
Mantenciones (-)	0	-7.179	-7.179	-7.179	-7.179	-7.179	-7.179	-7.179	-7.179
Depreciación (-)	0	-14.359	-14.359	-14.359	-14.359	-14.359	-14.359	0	0
Gastos Financieros (-)	0	-1.232	-990	-746	-251				
UAI	0	-10.413	-10.171	-9.926	-9.431	-9.181	-9.181	5.178	5.178
Impuestos (27%)	0	0	0	0	0	0	0	-1.398	-1.398
UDII	0	-10.413	-10.171	-9.926	-9.431	-9.181	-9.181	3.780	3.780
Depreciación (+)	0	14.359	14.359	14.359	14.359	14.359	14.359	0	0
Gastos Financieros (+)	0	1.232	990	746	251	0	0	0	0
Financiamiento 5 años (+)	147.893	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuota Crédito (-)	0	-30.322	-30.322	-30.322	-30.322	0	0	0	0
Inversión									
Compra Equipo (-)	-143.585	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalación y Puesta en Marcha (-)	-4.308	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Caja Final	0	-30.322	-30.322	-30.322	-30.322	5.178	5.178	3.780	3.780

INDICADORES DE EVALUACIÓN

VAN	-\$91.837
TIR	-8,2%

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir con la evaluación que el margen operativo con este equipo es positivo desde el periodo n°6 y que se logran obtener utilidades desde el 11vo año, pero no es rentable la implementación de esta solución energética en términos de inversión por sí misma.

9.2. EC POWER WRGI 6

Este equipo cuesta del orden de los USD\$ 9,000 según los datos de la US EPA CHP Partnership, lo que equivale a 7,9 millones de pesos aproximadamente.

Se trabajó en un flujo de caja utilizando las especificaciones técnicas y de consumo entregadas por el fabricante, además de los mismos supuestos expuestos para el escenario a evaluar.

Tabla N°26: Flujo de caja con equipo CHP EC Power WRGI 6

Valores en M\$/año

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 5	Año 6	Año 10	Año 15	Año 20
Ingresos por ventas	0	3.275	3.275	3.275	3.275	3.275	3.275	3.275	3.275
Costos Energía	0	-5.799	-5.799	-5.799	-5.799	-5.799	-5.799	-5.799	-5.799
Margen Bruto	0	-2.523	-2.523	-2.523	-2.523	-2.523	-2.523	-2.523	-2.523
Manteniones (-)	0	-398	-398	-398	-398	-398	-398	-398	-398
Depreciación (-)	0	-795	-795	-795	-795	-795	-795	0	0
Gastos Financieros (-)	0	-68	-55	-41	-14				
UAI	0	-3.784	-3.771	-3.757	-3.730	-3.716	-3.716	-2.921	-2.921
Impuestos (27%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UDII	0	-3.784	-3.771	-3.757	-3.730	-3.716	-3.716	-2.921	-2.921
Depreciación (+)	0	795	795	795	795	795	795	0	0
Gastos Financieros (+)	0	68	55	41	14	0	0	0	0
Financiamiento 5 años (+)	8.191	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuota Crédito (-)	0	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	0	0	0	0
Inversión									
Compra Equipo (-)	-7.952	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalación y Puesta en Marcha (-)	-239	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Caja Final	0	-4.600	-4.600	-4.600	-4.600	-2.921	-2.921	-2.921	-2.921

INDICADORES DE EVALUACIÓN

VAN	-\$27.870
TIR	

Fuente: Elaboración propia

Al hacer la evaluación con este sistema, se puede concluir que tampoco se hace rentable y que ni siquiera se logran márgenes operacionales ni utilidades positivas en todo el horizonte de evaluación.

Acorde a lo anterior, y tomando en consideración la inversión y nula rentabilidad de la misma, se considera que no es rentable la implementación de esta solución por sí sola.

Al tener sólo valores negativos en el flujo de caja en cada período, no se puede calcular la Tasa Interna de Retorno, por eso no aparece ningún valor en los indicadores de evaluación.

10. CONCLUSIONES

- 1) La Cogeneración a pequeña escala basada en tecnologías de microturbinas de gas, celdas de combustible y motores alternativos de combustión interna, además de las otras tecnologías desarrolladas para aplicaciones de mayor tamaño, representan un polo de desarrollo e incentivo para la descarbonización de la matriz energética del país y dar paso a energías más limpias y eficientes.
- 2) Si bien estas tecnologías se están actualizando año tras año y se presentan en diferentes ferias alrededor del mundo, la tecnología aún representa un alto valor de mercado para su implementación a nivel local.
- 3) La Cogeneración a pequeña escala representa además una gran oportunidad para lugares como la Escuela Básica de San José y la Posta de Salud Rural de San José de Marchigüe, donde se requiere descentralizar la producción energética eléctrica para lograr mayor fiabilidad de la misma, además de incorporar calefacción distrital. Se espera que en un futuro cercano los valores de estos equipos bajen y su utilización se incremente de manera importante.
- 4) El análisis económico arroja que los resultados no son auspiciosos para la implementación de esta tecnología en La Escuela Básica y la Posta de Salud Rural, siendo el costo de los equipos CHP la barrera de entrada. Sin embargo, en un análisis más sensible se puede concluir de todas maneras que, según la ruta para la descarbonización del país y la estrategia nacional del Hidrógeno Verde, el Estado debería impulsar la implementación de esta y otras tecnologías a través de distintos programas y financiamientos.
- 5) Se observa como inevitable la participación del Estado para lograr cambiar la matriz energética del país a una más sostenible y ecológica, con la participación de las comunidades rurales y eliminando las altas barreras de entrada, tornándose cada vez más competitivas. En el caso de La Escuela Básica y la Posta de Salud Rural la contribución puede ir directamente a la adquisición de los equipos CHP, subsidios a los combustibles, nuevas regulaciones de precios por energía generada e inyectada a la red del sistema eléctrico nacional (SEN), etc., que harían viable la implementación del sistema.
- 6) Se visualiza como posible que podrían someterse a análisis a empresas ESCO (Energy Service Company), que asumen la inversión e implementación de las nuevas tecnologías eficientes y luego se pagan con los ahorros generados en un período de tiempo a convenir entre las partes.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Normalización (INN, 2007). NCh 853. Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2008). Artículo 4.1.10. Exigencias de acondicionamiento térmico.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2012. Calificación Energética de Viviendas. Recuperado de www.calificacionenergetica.cl
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2021). Ley 21305. Ley de eficiencia energética.
- Organización Internacional de Normalización (ISO, 2006). ISO 7730. Ergonomía del ambiente térmico.
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2022, 24 de abril). Recuperado de <https://www.cogeneracioneficiente.cl/que-es-cogeneracion/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Ministerio de Energía. (2012). Ley 20571. Ley de Generación Distribuida.
- Ministerio de Energía (2014). Decreto 71. Regulación del pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.
- Maturana, A. (2015, 17 de junio). Lento despegue de la Ley de Generación Distribuida no cumple expectativas. *Diario Financiero*. <https://www.df.cl/empresas/innovacion-y-sustentabilidad/lento-despegue-de-ley-de-generacion-distribuida-no-cumple-con-expectativas>.
- Fenercom. (2012). Guía básica Micro cogeneración. España.
- Fenercom. (2010). Guía de la Cogeneración. España.
- United States Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership. 2015. Catalog of CHP Technologies
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. 2022. www.cogeneracioneficiente.cl
- Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. Explorador Solar. Recuperado de <https://solar.minenergia.cl/inicio>
- Ministerio de Educación. (MINEDUC, 1988). Decreto Supremo 548. Artículo 9°. Numeral 10. Inciso a). Cantidad de luz en recintos educacionales.
- MINEDUC. (1988). DS 548. Artículo 9°. Numeral 7. Temperaturas mínimas de funcionamiento para establecimientos educacionales.
- Instituto Nacional de Normalización (INN, 1977). NCh 1079. Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
- Sitio Solar Portal de Energías Renovables. http://www.sitiosolar.com/PROGRAMA_FCHART_SITIOSOLAR_CHILE.xls
- Tarifado Suministro Eléctrico CGE. (2022, 1 de junio). Recuperado de www.cge.cl
- Pliego tarifas Metrogas. (2022, 26 de mayo). Recuperado de www.metrogas.cl
- United States Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership. (2016). Recuperado de <https://www.wbdg.org/resources/combined-heat-and-power-chp>
- Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. (ATECYR, 2010). Guía técnica de agua caliente sanitaria central.

- Instituto Nacional de Estadísticas. (2022, 4 de abril). Edición N°70. *Boletín Informativo*. Generación Eléctrica Región de O'Higgins.

SOLO USO ACADÉMICO

12. ANEXOS

- A. Planimetría y Especificaciones Técnicas de la Escuela Rural Básica San José.
- B. Planimetría y Especificaciones Técnicas de la Posta de Salud Rural de San José de Marchigüe
- C. Fotografías de la Escuela y la Posta Rural
- D. Ficha Técnica Helbio H2PS-5
- E. Ficha Técnica Capstone C65
- F. Ficha Técnica EC Power XRG1 6

SOLO USO ACADÉMICO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

OBRA: Regularización Escuela San Jose de Marchigue.
ARQUITECTO: Miguel Millar Mores.
PROPIETARIO: Ilustre Municipalidad de Pichidegua
UBICACIÓN: Camino Publico San Jose
COMUNA: Pichidegua.

1. GENERALIDADES.

Las presentes especificaciones técnicas se refieren a la regularización de la escuela de Caleuche de acuerdo a los planos de arquitectura. Ubicada en la comuna de Pichidegua.

2. OBRA GRUESA.

2.1 Movimientos de tierra.

2.1.1 Limpieza y despeje de terreno en zonas de construcción.

2.1.2 Los trazados se realizaran según plano planta.

2.1.3 Excavaciones de tierra para fundaciones y alcantarillados, según la calidad del terreno.

2.1.4 Extracciones de excedentes y escombros.

2.2 Fundaciones.

2.2.1 Hormigón de 170 Kg. /cem3 más 20% de bolón desplazado (tamaño máx. de los áridos 40mm)

2.3 Sobrecimientos.

2.3.1 Hormigón armado tipo C (r 28 28=180 Kg. / cm²), ver plano de estructuras N° PL-EST-100

2.4 Radier.

Serán de hormigón, de 10 cm de espesor. Grado H20, Nivel Confianza 80%.

2.5 Estructura.

Sus materiales y formas de ejecución se regirán según las normas indicadas en el Manual para la Construcción y Diseño de Edificios de Albañilería Armada de Bloques de Cemento y Ladrillos Cerámicos de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Se tomarán todas las precauciones en cuanto a humedecimiento antes y después de su ejecución y en cuanto a nivelación y aplomados. Los escantillnes serán parejos y las juntas totalmente rellenas.

Las uniones de albañilería con los pilares o muros de hormigón armado se ejecutarán con endentados, de longitud comprendida entre 7 y 15 cm. de hilada por medio. Las diferencias que se produzcan con los plomos teóricos de los pilares que enmarcan la albañilería se salvarán solo con hormigón y en forma compartida en ambos extremos. Los morteros se ejecutarán según las normas indicadas en el Manual. Serán de tipo grueso, plástico. La mezcla se colocará antes de 90 minutos desde su preparación. El mortero de junta se preparará con agua potable, limpia. La arena deberá estar limpia, exenta de materias orgánicas y sales. Se aceptará hasta un máximo de 5% de arcilla. El mortero de junta será de dosificación cemento/arena ¼. Los antepechos llevarán chorizos de hormigón armado de 10 cm. de altura, con 2 fe 10 mm. empotrados 60 cm. o soldados a los elementos estructurales colindantes, y con trabas de fe 6 a 20 cm.

En casos de muros de 20 cm. se consultarán cada 70 cm. de altura aproximada, un refuerzo con 2 fe 8mm. empotrados a lo menos 20 cm. en los elementos estructurales colindantes, y con trabas fe 6 a 25 cm.

3.- Terminaciones.

3.1 Pavimentos

3.1.1 Flexit de alto tránsito, 3,2mm de espesor, Baldosa microvibrada de alta compresión de 30x30cm, Pavimentos cerámicos de 33x33cm, Pastelón vibrado de hormigón.

3.2 Revestimientos.

3.2.1 En muros de baños: Cerámica 20x30 (color y marca por definir)

3.2.2 En la cocina muro: Cerámica 20x30 (color y marca por definir)

3.2.3 Muros interiores y exteriores en el resto de la construcción serán pintados con 2 manos de pintura esmalte al agua opaco (color y marca por definir)

3.2.4 El cielo será plancha de yeso cartón enlucida y luego se aplicarán dos manos de látex (color y marca por definir)

3.3 Cubierta.

Incluye todos los elementos de fijación, forros y sellos necesarios para la correcta seguridad e impermeabilización de las cubiertas.

El manejo y la colocación de los elementos será de acuerdo a instrucciones de fabricantes y a las indicaciones especiales de cada caso.

Se consulta planchas de zinc acanaladas de 3.5mm de espesor en 23.60mts de largo según corresponda, color y marca por definir.

3.4 Puertas y ventanas.

Puertas de bastidor de madera de pino estabilizada forrada en terciado de 4 mm con elementos estructurales interiores tipo Placarol. Terciado para pintar con tratamiento contra insectos

Serán en aluminio anodizado color champagne,

Los vidrios de estas ventanas se consideran incluidos en la partida. Ventanas de baños serán translúcidos tipo semilla. Se ejecutarán proyectantes y de corredera, según detalles. Las primeras (proyectantes) según serie AL42 de Alumco o técnicamente equivalente, las segunda (correderas) según serie AL5000. Incluirán accesorios de línea UDINESSE. Ventanas de cocina consultan malla mosquitera.

3.5 Molduras.

3.5.1 Encuentro piso-muro: Guardapolvos MDF 14x45mm de 3Mt o similar.

3.5.2 Encuentro muro-cielo Cornisa MDF 12x45mm de 3Mt o similar.

3.6 Hojalatería.

Ductos para ventilación de calefón, alcantarillado serán de fierro galvanizado.

3.7 Artefactos.

Los artefactos de fierro enlozado y de loza serán de color blanco.

4 OBRAS COMPLEMENTARIAS.

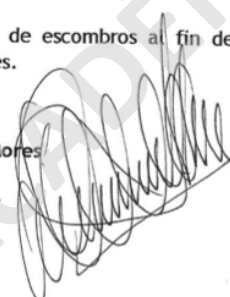
ASEO Y LIMPIEZA

Antes de entregar la obra se debió realizar un aseo completo de la edificación este incluye: vidrios, pisos, cielos, muros, artefactos, y una limpieza de todos los recintos.

También se debió realizar una limpieza de escombros al fin de conservar la limpieza de la edificación y sus alrededores.

Miguel Millar Mores

Arquitecto.



Ilustre Municipalidad de Pichidegua

Propietario.

Santiago, FEBRERO de 2011

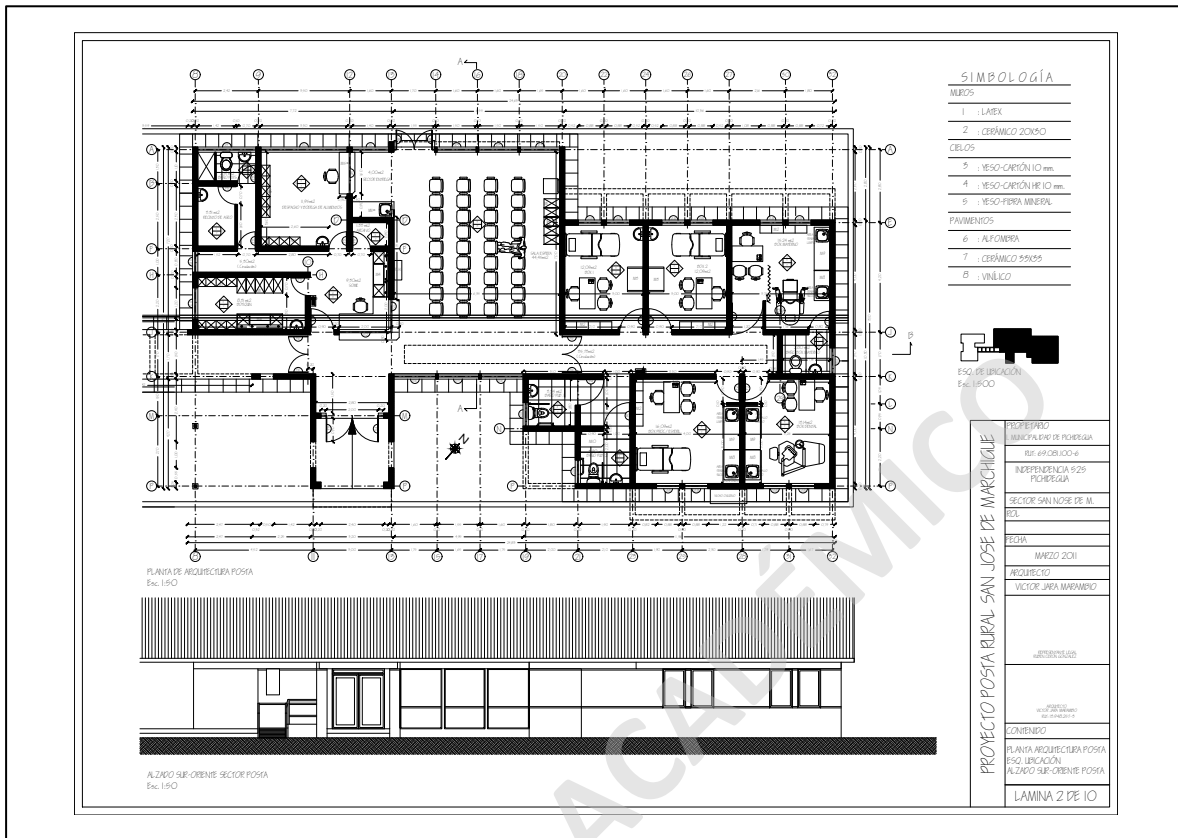


Lámina nº1

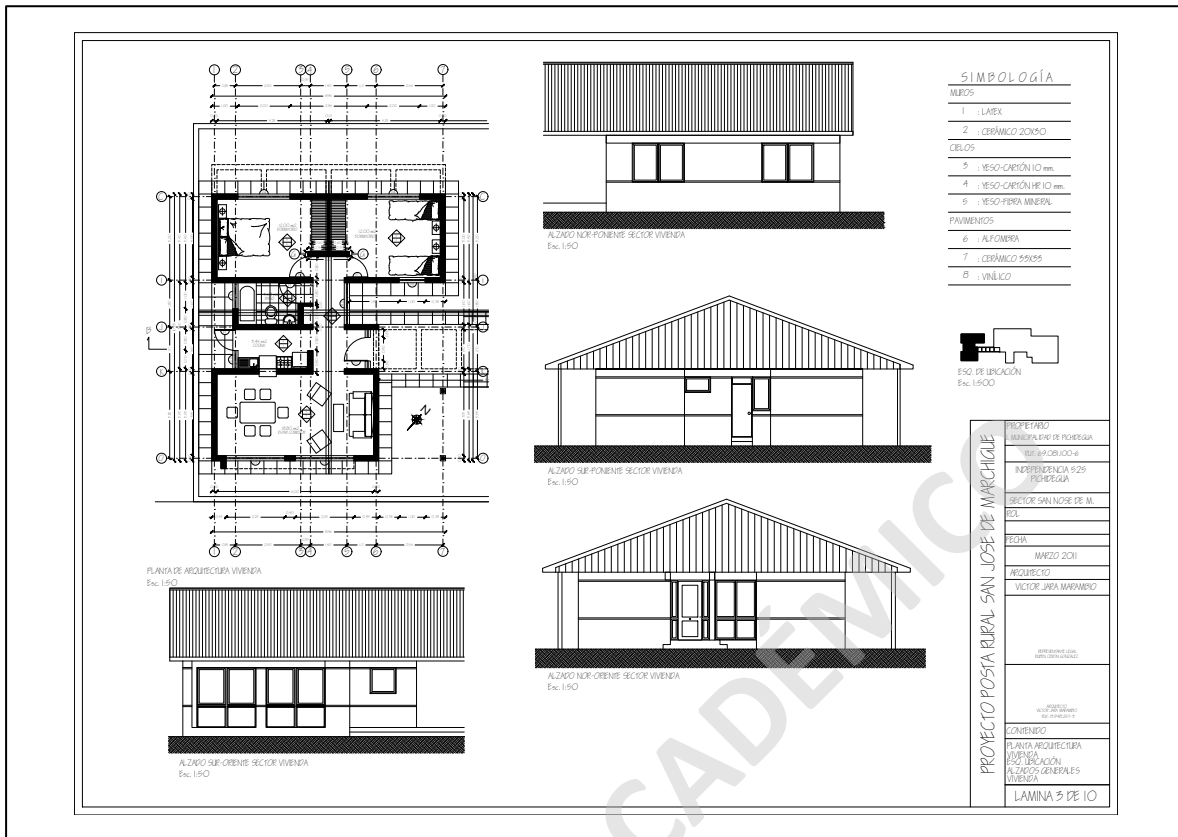


Lámina nº2

ESPECIFICACIONES TECNICAS
Proyecto "POSTA DE SALUD "

PICHIDEGUA

ABRIL 2011

ESPECIFICACIONES TECNICAS PREPOSICION POSTA DE SALUD PICHIDEGUA

Propietario ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA
Ubicación SECTOR SAN JOSE
Localidad SAN JOSE DE MARCHIGUE
Comuna PICHIDEGUA
Arquitecto CARLOS VALENZUELA LEON

1. INTRODUCCION

El proyecto objeto de las presentes Especificaciones Técnicas de Construcción, consiste en la **Construcción de la Posta de Salud y Vivienda Funcionario** a ejecutarse en un terreno propiedad de la I. Municipalidad de Pichidegua, situado en la calle Pública San Jose de Marchigue

Se trata de un edificio de 1 piso de altura, estructurado a base de muros de albañilería de ladrillo reforzada con elementos de hormigón armado, y cubierta de tejas de arcilla tipo española sobre cerchas y envigados de madera y metálicos.

Además se consulta la demolición de las edificaciones existentes (vivienda y Posta) y el destronque de tres árboles indicados en plano respectivo.

En estas Especificaciones se detalla las obras por ejecutar, sus procedimientos constructivos, así como las normas de calidad bajo cuyos estándares deben desarrollarse las distintas faenas para su materialización.

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Estas Especificaciones están referidas a las soluciones arquitectónicas y constructivas, redes de instalaciones, y detalles de terminación que se aplicará en la **Reposición Posta de Salud de San Jose de Marchigue, Comuna de Pichidegua**.

La finalidad de éstas es suministrar una información básica mínima que será complementada con los Planos Generales, de Detalles, Planos de Estructuras, e Instalaciones; además de las instrucciones que imparta el Mandante a través de la ITO, durante el transcurso del trabajo.

1.1.1. Sustitución de Materiales y Equipos

Las marcas comerciales incluidas en estas Especificaciones se mencionan sólo para indicar una calidad aceptable de las mismas. Materiales o equipos de calidad equivalente de otros fabricantes, pueden ser utilizados previa aprobación por escrito de la ITO.

Será de cargo y responsabilidad de la Empresa Contratista, los mayores costos que genere la comprobación de la equivalencia, respecto de la calidad del material aportado por ésta a la obra, e informarlo siempre a la ITO.

Mejoras a la calidad de terminaciones podrán proponerse, ya sea por parte de la ITO, o por la Empresa Contratista. En ambos casos, se deberá contar con la aprobación escrita de la Municipalidad de Paredones.

1.1.2. Procedimiento en el uso de Materiales y Equipos

Toda labor relacionada con el diseño, las instalaciones, la aplicación de materiales, como la puesta en marcha de equipos establecidos en estas especificaciones será ejecutada en completo acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Cualquier desviación de estos procedimientos deberá obtener la aprobación de la Municipalidad de Paredones, previo a su ejecución.

1.1.3. Prioridad en caso de contradicciones

Las obras se ejecutarán de acuerdo a los Planos Generales, y de Detalles, como a las Especificaciones Técnicas, Planos de Instalaciones, Planos, y Memorias de Cálculo. En caso de registrarse discrepancias entre los distintos antecedentes técnicos, la ITO, determinará cual se validará en cada caso.

En Planos, las cotas primarán sobre los dibujos, y las Notas y Detalles incorporados a dichos Planos, por sobre las Especificaciones Técnicas.

1.2 TOLERANCIAS Y REQUISITOS DE CALIDAD

La Municipalidad de Pichidegua podrá ordenar la reparación o demolición de aquellas partidas de obra, que no cumplan con las tolerancias de ejecución y/o los requisitos de calidad, establecidos en las presentes Especificaciones.

1.3 MANDANTE

Ilustre Municipalidad de Pichidegua.

1.4 RESPONSABLE DEL DISEÑO PROYECTO

CARLOS VALENZUELA LEON, Arquitecto Proyectista y Coordinador.

1.5 NORMATIVA REFERENCIAL

Se deberá cumplir las siguientes ordenanzas:

Ley General de Urbanismo y Construcción.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

Ordenanza Local de Construcción.

Reglamento de Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado **DS 267** (MINVU) de 1980 y **DS 70** (MOP) de 1981

Reglamento de la Superintendencia de Servicios Eléctricos y Combustibles. **SEC**

Todas las Normas Chilenas (**N Ch**) del Instituto Nacional de Normalización, que digan relación con los materiales a aplicarse, su modo de empleo, y sistemas de seguridad.

Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales en Lugares de Trabajo **DS 594** (MINSAL) de 1999

Condiciones de seguridad contra incendio, establecidas en el **Capítulo 3** de la **Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones**, de las que la Empresa Contratista se hace responsable de su cumplimiento en la ejecución del proyecto, y a cuyo articulado se hace referencia en los dos párrafos siguientes:

1.6 MARCO DE REFERENCIA Y ESTANDARES DE CALIDAD

1.6.1 Ensaye de Materiales

La cantidad, tipo, oportunidad, y lugar de toma de los Ensayes de materiales estará a cargo de la Empresa Contratista de acuerdo a las exigencias de la ITO.

Se solicitará ensayos de determinados materiales para asegurar su resistencia y calidad, hecho que será establecido por los profesionales del proyecto en cada caso.

Respecto a los ensayos para los diferentes elementos de hormigón simple y hormigón armado, sólo podrán ser realizados por **Idiem**, **Dictuc**, **Cesmec** u otros Laboratorios calificados, y constarán de 3 testigos cada uno, cuyos testeos se realizarán a los 7 días el primero, y a los 28 días los restantes.

Los Certificados quedarán en la obra, en poder de la ITO, y su entrega será registrada obligatoriamente en el Libro de Obras, independiente del resultado obtenido.

Para las muestras de elementos que hayan arrojado resultados defectuosos, la ITO, ordenará su demolición y posterior reconstrucción de las partes o secciones defectuosas.

Adicionalmente a la enumeración anterior, la ITO, podrá ordenar con cargo a la Empresa Contratista, los ensayos de materiales, o medición de espesores en la aplicación de recubrimientos, y cualesquiera otras pruebas; ante dudas o discrepancias, respecto a los requisitos mínimos de calidad, definidos en estas Especificaciones Técnicas.

1.6.2 Deformaciones Admisibles

No se aceptará desaplomes ni deformaciones en elementos estructurales ni tabiques, como tampoco desniveles en planos horizontales de cielos o pavimentos. Se manejará un criterio estricto respecto al manejo de tolerancias, aceptables sólo en caso de fuerza mayor. Estas tolerancias se detallan a continuación:

1.6.2.1 Plomo de Estructuras

0,2 % de la altura.

1.6.2.2 Muros

0,2 % de una regla de 3 m (en sentido transversal o longitudinal)

1.6.2.3 Radieres

Terminado 0,2% de una regla de 3 m (en sentido transversal o longitudinal)

1.6.2.4 Pavimentos de cerámica

0,2% de una regla de 3 m (en sentido transversal o longitudinal)

1.6.2.5 Revestimientos de cerámica

En muros y tabiques 0,2% de una regla de 3 m (en sentido transversal o longitudinal)

Las tolerancias en las estructuras revestidas serán estrictas y antes de proceder a la aplicación de pinturas, deberá obtenerse el Vº Bº de la ITO, quien vía Libro de Obras dará la aprobación de cada una de las partidas.

Deben revisarse plomos, niveles y alineamiento de las estructuras antes de recibir forros, recubrimientos o aplicación de estucos.

1.7 OBRAS PROVISIONALES

La Empresa Contratista ejecutará las instalaciones provisionales mínimas necesarias para su Personal, garantizando el funcionamiento eficiente y seguro de la faena en los lugares previamente autorizados por la ITO, para lo cual deberá entregar un croquis a escala de las instalaciones propuestas, con la correspondiente descripción y medidas generales. La ejecución de estas obras debe considerar las características del clima imperante, topografía, condición y característica de la vialidad existente, así como las condiciones del tipo de Edificio que se construye.

Aunque no esté taxativamente indicado, deberá ejecutarse todas las obras provisionales necesarias para alcanzar la finalidad específica del Contrato. Estas obras, que presentan utilidad exclusivamente durante el período de construcción, deben ser retiradas una vez finalizado éste.

Las instalaciones provisionales deberán contar como mínimo con **Agua Potable**, obtenida desde arranque autorizado por la ITO, y red de distribución provisoria interior para atender los distintos requerimientos de la obra. **Energía Eléctrica** obtenida desde empalme provisorio autorizado por la ITO, o generadores autónomos para alimentar la red de alumbrado, red de fuerza para equipos, y sus correspondientes protecciones.

Evacuación o tratamiento de aguas servidas provenientes de baños, duchas del personal, y demás procesos que la obra genere, a través de redes provisionales que aseguren su traslado, y tratamiento, según indicación de la ITO.

Las instalaciones provisionales de redes, deberán ejecutarse independientes de cualquier instalación definitiva, y su consumo estimado se detallará al momento de solicitar las conexiones

respectivas, las que deberán retirarse íntegramente al concluir las obras, restituyendo las condiciones originales del Edificio y su entorno.

1.7.1 Letrero de Obra

En el acceso a la Obra, y en la ubicación que la ITO determine, la Empresa Contratista proveerá e instalará un letrero indicativo, construido en chapa de acero galvanizado de **1.5 de alto x 2.0 m de ancho**, estructurado en bastidor metálico, el que indicará lo siguiente: Logo institucional de la Municipalidad, Nombre de la Obra, Destino, Fuente de Financiamiento, Arquitecto, Empresa Constructora, Fecha de inicio y Fecha de término del Contrato.

1.7.2 Oficinas

Se considera la habilitación de Oficinas adecuadas para la ITO, y el Personal Técnico. Estas deberán contar con las instalaciones básicas, y el equipamiento mínimo necesario en términos de aislación, seguridad, equipamiento y confort.

Se dispondrá de un mueble especial y seguro para el acopio de Antecedentes Técnicos y Planos de Obra, entre los cuales se conservará especialmente seguro el Libro de Obras.

1.7.3 Vestuario y Servicios Higiénicos

Se considera la habilitación de Servicios Higiénicos, los que deberán contar con WC., lavamanos y duchas en cantidad adecuada a la dotación de personal que sirvan. Estos requerimientos se ejecutarán conforme a las disposiciones del DS 594 (Minsal) de 1999. Su ubicación será indicada, una vez que se efectúe el ingreso formal al sitio de la obra.

1.7.4 Bodega para Materiales y Herramientas

Se considera la construcción de Bodega, habilitación de Patio de almacenaje para materiales, y Pañol de Herramientas, para lo cual deberá utilizarse el espacio físico disponible, considerando las condiciones de tránsito vehicular y acceso al edificio existente, previa aprobación de la ITO.

1.7.5 Señalética Provisoria

En el acceso vehicular provisorio a la obra, se instalará la señalización de tránsito que advierta a peatones y vehículos que transiten por calle Pública San Jose de Marchihue de la entrada y salida de móviles.

1.8 ADQUISICION DE MATERIALES

La Empresa Contratista realizará sus adquisiciones con la debida anticipación, de modo que la falta de materiales, equipos o servicios disponibles en el mercado; no será un argumento válido para eliminar partidas del contrato o forzar al Mandante a aceptar alternativas de inferior calidad a lo especificado.

1.9 DETALLE DE TRABAJOS POR EJECUTAR

1.9.1 Programación

El Director de Obras informará a la Empresa Contratista adjudicado, la fecha máxima en que ésta deberá entregar a la Municipalidad la correspondiente Programación de Obra, tipo carta Gantt en Project; que considere la totalidad de las partidas de construcción, holguras, plazos de abastecimiento de productos especiales, etc.

La Programación de Obra se incorporará como documento integrante del Contrato y será pauta referencial permanente para la evaluación del desarrollo de los trabajos.

Toda indicación de la ITO, en relación a medidas o protocolos que tiendan a recuperar atrasos puntuales o generales que se contrasten con la programación inicial, deberá ser acatada por la Empresa Contratista.

Si de la acumulación de ajustes se hiciera necesario corregir la red de programación; será obligatorio para la Empresa Contratista reformular a su costo, el incremento de Personal y/o Equipos, en el plazo que indique la Municipalidad.

1.10 CALIFICACION DEL PERSONAL

La ITO podrá exigir a la Empresa Contratista el reemplazo de cualquier miembro del personal calificado que a juicio de aquella, no lo considere competente para desempeñarse en la función para lo cual ha sido contratado.

Dicha observación quedará consignada en el Libro de Obras, al igual que el nombre y cargo del reemplazante cuando la Empresa Contratista de cumplimiento a dicha exigencia.

1.11 TRABAJOS PREVIOS

1.11.1 Demoliciones

La Empresa Contratista deberá demoler las fundaciones existentes en el terreno, y retirar todo el material de escombros que esta faena genere. Asimismo solicitará la conformidad de la ITO respecto del término de ésta partida, como condición previa al trazado para excavaciones.

En cuanto a las especies arbóreas existentes, se protegerá a éstas con cerquillos de madera, para evitar su deterioro durante las faenas de demolición, y posterior construcción del edificio proyectado.

En general, las obras de demolición deberán considerar las posteriores reparaciones, retape y terminación de todos los elementos expuestos y/o modificados en estas partidas de obra.

1.12 TRAZADO Y NIVELES

Antes de iniciar las obras, y como faena previa al replanteo, se deberá despejar el terreno retirando el escombros proveniente de las demoliciones.

El trazado de ejes correspondiente a los elementos estructurantes, como la determinación de niveles, se ejecutará con la máxima precisión, utilizando los instrumentos adecuados, por el Profesional a cargo de la obra, de acuerdo a cotas del Plano de Levantamiento Topográfico, e indicaciones de los planos de Arquitectura, Instalaciones, y Cálculo.

La cota $\pm 0,00$ correspondiente al nivel de Primer piso terminado proyectado, será definida por la ITO vía Libro de Obras.

Para la edificación se levantará un cercado de madera, paralelo a sus ejes perimetrales. Se dispondrá a 1 m sobre el nivel de piso terminado ejecutado en pino o álamo de 1" x 5", con canto superior cepillado; sobre el cual se marcará los ejes con clavos y pintura indeleble.

Este cerco se deberá mantener hasta la iniciación de la faena correspondiente a albañilerías de ladrillo.

De existir diferencias de cota y/o nivel en la etapa de replanteo, se informará inmediatamente a la ITO, que adoptará las medidas que corresponda, consignando éstas en el Libro de Obras.

Se dejará como mínimo 3 (tres) puntos de referencia P.R. que permanezcan a través del desarrollo de la obra, para hacer chequeos y verificaciones en cada momento que se requiera.

2. OBRA GRUESA.

2.1 EXCAVACIONES

Las excavaciones para fundaciones aisladas o corridas, se ejecutarán en dimensión y geometría, de acuerdo a indicación de Planos de Cálculo, y deberán ser recibidas conforme por la ITO.

2.2 FUNDACIONES

2.2.1 Emplantillado

De acuerdo a indicación de Planos de Cálculo, se ejecutará emplantillado de hormigón pobre en la base de fundaciones corridas y aisladas.

2.2.2 Cimientos

Los cimientos para fundaciones aisladas o corridas se ejecutarán en dimensiones, dosificación, empleo de aditivos, y disposición de armaduras, de acuerdo a la indicación de Planos de Cálculo.

2.3 SOBRECIMIENTOS

Los sobrecimientos para fundaciones aisladas o corridas se ejecutarán en dimensiones, dosificación, empleo de aditivos, y disposición de armaduras de acuerdo a la indicación de Planos de Cálculo.

2.4 RELLENOS

Previo a la ejecución de los radieres que constituirán la base de pavimentos, se ejecutará un relleno, de espesor variable según las condiciones de terreno, y cota de sobrecimientos, cuyas sucesivas capas de relleno se compactarán mecánicamente, con condiciones de riego moderado, hasta alcanzar la densidad y espesor indicada por Cálculo.

En general, se podrá utilizar el material proveniente de las excavaciones, para la capa inferior, previa autorización de la ITO.

En cuanto a la capa superior se utilizará material de empréstito, calibrado y exento de impurezas. Las sucesivas capas de ripio se compactarán mecánicamente, con condiciones de riego abundante, hasta alcanzar la densidad y espesor indicado por Cálculo.

2.5 BASES DE PAVIMENTOS

Sobre el nivel definido a partir de la última capa de relleno compactado, se colocará dos capas cruzadas de polietileno de 0,2 mm espesor, con traslapes de 0.10 m como mínimo, sellado con cinta de embalar 3M o similar. Sobre el film de polietileno, se ejecutará el radier de hormigón en espesor, dosificación, repartición de juntas de dilatación, y armadura incorporada, según cada caso, de acuerdo a indicaciones de Cálculo.

A objeto de aislar la base de pavimentos, se utilizará impermeabilizante superficial a base de cemento para hormigones y albañilería tipo CAVE I SEAL o similar.

El radier considera juntas de dilatación de 3 mm de espesor, y la terminación será afinada en fresco, con alisador mecánico de pavimentos.

2.6 PARAMENTOS VERTICALES

2.6.1 Albañilerías de ladrillo fiscal

En todos los muros indicados en Planta de Arquitectura con espesor de 0.20 m se consulta la ejecución de paramentos verticales a base de ladrillo fiscal hecho a mano de 0.07 x 0.15 x 0.30 m., adheridos con mortero plástico de cemento y arena.

Los muros se levantarán a lienzo y plomo, en escantillones de 9 cm., de altura utilizándose mortero de pega con dosificación equivalente a una parte de cemento especial, y cuatro partes de arena gruesa proveniente de planta, limpia y exenta de material arcilloso.

En sentido vertical, los paramentos quedarán confinados entre elementos de hormigón armado como pilares o machones, en tanto que su coronación horizontal se rematará con cadenas y cadenas dintel, según el caso.

Deberá verificarse la calidad de los materiales componentes del mortero, utilizándose agua potable, y cemento fresco. La arena debe encontrarse limpia, libre de sales, materia orgánica, o arcilla.

2.6.2 Refuerzos de escalerillas de metal

De acuerdo a Cálculo, se colocará refuerzos horizontales a base de escalerillas metálicas calidad ACMA, afianzada en sus extremos a la enfierradura de pilares o machones.

2.6.3 Alfeizares

Los antepechos de ventanas, según lo indicado en Plano de Arquitectura, se rematarán con alfeizares de hormigón armado con armadura a base 2 fe de 10 mm y estribos de fe 6 mm cada 0.20 m.

2.7 HORMIGONES

Los elementos de hormigón se elaborarán de acuerdo a Planos de Arquitectura, en lo referido a dimensión, geometría, distanciamiento y disposición entre sí; en tanto que su dosificación, empleo de aditivos, y armadura, se regirán por Cálculo.

Los hormigones a utilizar, deberán prepararse en betonera mecánica, con dispositivos automáticos de dosificación de agua, y control de velocidad periférica; y su colocación en obra se regirá según lo indicado en la **NCh 172**.

En caso de incorporar hormigón transportado desde plantas dosificadoras, la ITO, exigirá el estricto cumplimiento de las condiciones de resistencia prescrita en Cálculo.

En general, los hormigones a preparar deben cumplir las siguientes condiciones mínimas para sus componentes:

A Cemento Portland puzolánico de acuerdo a normas **NCh 148, NCh 159 y NCh 161**.

B Agregados sólidos de acuerdo a norma **NCh 163**

C Agua de amasado deberá ser potable, y los depósitos de acumulación, como sus elementos de transporte deberán preservarse limpios y exentos de ácidos, aceites, grasas, sales, o minerales acuerdo a norma **NCh 1498**

D Aditivos, tales como acelerantes y retardadores de fraguado, aireantes, colorantes, detergentes espumantes, expansivos, impermeabilizantes, anticongelantes; se utilizará sólo de acuerdo a indicación contenida en Cálculo.

La Empresa Contratista será responsable de dejar perfectamente ubicados, los posibles insertos de acero, para afianzar los distintos elementos a adosar, así como las pasadas de ductos y cañerías que deban cruzar elementos de hormigón simple o armado, mediante la disposición de cubos de poliestireno expandido en los lugares especificados, no aceptándose a posteriori el picado o demolición parcial de los mismos.

En general, se adoptará el procedimiento por cura húmeda durante 14 días como mínimo, iniciando el proceso con la colocación de arpillera húmeda los tres primeros días.

2.7.1 Hormigón Simple

De acuerdo a Planos de Arquitectura, y/o Planos de Estructuras se utilizará hormigón simple, según Cálculo, debiendo observarse estrictamente las prescripciones para su dosificación, preparación, traslado, continuidad geométrica, consolidación, materialidad de moldajes, insertos, curado, y terminación a nivel de textura superficial.

2.7.2 Hormigón Armado

De acuerdo a Planos de Arquitectura, y/o Planos de Estructuras se utilizará hormigón armado, según dosificación determinada en Cálculo, debiendo observarse estrictamente las prescripciones para su dosificación, preparación traslado, continuidad geométrica, consolidación, calidad y diámetros de acero para armaduras, longitud y ubicación de traslapes, insertos, curado, y terminación a nivel de textura superficial.

2.8 MOLDAJES PARA HORMIGON

El diseño de los moldajes será responsabilidad de la Empresa Contratista, que deberá entregar Memorias de Cálculo y Planos de moldajes previo a la ejecución de éstos, si la ITO lo requiriese. Los moldajes se construirán e instalarán de acuerdo a las líneas, niveles, y dimensiones de los elementos a contener, con sus respectivas contraflechas.

Los moldajes deberán cumplir con los requisitos de resistencia e indeformabilidad a las solicitaciones ejercidas por el hormigón fresco al ser colocado y consolidado, y ser estancos para evitar pérdida de lechada. Su colocación se mantendrá hasta que la ITO, autorice su retiro gradual, considerando condiciones de temperatura ambiente, resistencia del elemento moldeado, solicitación a sobrecargas, y tránsito eventual.

La superficie de los moldajes deberá presentar caras lisas y planas, exentas de irregularidades, y sus superficies interiores se pintarán con desmoldante, previo a la instalación de las armaduras.

Para asegurar la continuidad de los elementos de hormigón, deberán disponerse correctamente alineados, y sus tolerancias se atenderán a lo prescrito según la norma **ACI 117**.

Antes de vaciar el hormigón, al interior de moldajes afectos al paso de ductos de instalaciones, se dejará las perforaciones correspondientes que permitan su ubicación o tendido.

El retiro de los moldajes deberá efectuarse una vez el hormigón esté suficientemente endurecido, y se iniciará sólo desde el momento en que la resistencia del hormigón haya alcanzado, como mínimo, un valor equivalente al doble del necesario para soportar las tensiones a que quedará sometida la estructura a partir del descimbre.

En el evento de presentarse nidos por deficiente vibrado, la Empresa Contratista solicitará a la ITO, la evaluación respectiva, previo a su reparación, si procediera.

Los moldajes se diseñarán e instalarán de forma tal que puedan ser retirados sin requerir palanqueo, golpes contra el hormigón, ni modificar los moldes basales, o sus soportes, no podrá desmoldarse si el hormigón está caliente, o si el cemento aún está desarrollando calor, como tampoco si la temperatura ambiente es **menor a 5 ° Celsius**.

2.9 ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

La estructura de techumbre se construirá de acuerdo a Planos de Cálculo en lo referido a material, medidas, disposición, geometría, y posición relativa de sus elementos componentes.

Tanto en la etapa de preparación y armado, como en su ensamblaje definitivo, y posterior montaje, la estructura de techumbre se afianzará según los puntos y elementos de anclaje especificado.

En general, la dimensión y detalle de las cerchas, y vigas, tanto como sus costaneras, y crucetas; así como la distancia entre sus partes, sus elementos de refuerzo, la disposición de arriostramientos, la pendiente de colocación, así como su afianzamiento a cadenas, cadenas dintel y vigas de hormigón armado sobre la cual se apoyará, debe ceñirse a lo indicado en cálculo.

2.9.1 Cerchas de madera

Las cerchas de madera se confeccionarán según diseño, escuadría de sus elementos, distancia, y arriostramientos, según Cálculo.

Su instalación corresponderá a aquellos recintos interiores especificados con cielos horizontales.

2.9.2 Envigado de Madera

Se consulta envigado de piezas de madera de pino de calidad estructural, sin nudos, de dimensiones 2" x 8", colocadas cada 1 m.

Sus dimensiones deberán ser verificadas mediante planos elaborados por calculista y detalladas en planos de cálculo y su ensamble y montaje se realizará según indicación de planos de cálculo. Su instalación corresponderá a recinto definido como sala de espera.

2.10 CUBIERTA

En general, los planos de cubierta deberán instalarse de acuerdo a pendientes, traslapes laterales y longitudinales, desarrollo de aleros y caballetes, tipo y número de elementos de fijación a la estructura de techumbre, según lo indicado en Planos.

Antes de iniciar el montaje de la cubierta, la Empresa Contratista deberá chequear la estructura de techumbre previamente ejecutada, sobre la cual se dispondrá la instalación de las tejas de arcilla, informando a la ITO de cualquier defecto que pudiera afectar su instalación, no pudiendo iniciar ésta, hasta que aquellos hayan sido subsanados.

2.10.1 Base sobre cerchas

Sobre la estructura de techumbre, se dispondrá la colocación de base en madera contrachapada terciado Estructural de 15 mm de espesor.

2.10.2 Impermeabilización de base

A objeto de garantizar su estanqueidad, se instalará papel fieltro de 15 lb., traslapado transversal y longitudinalmente, y fijado al entablado base con grapas de cobre.

2.10.3 Teja

Se utilizará teja de arcilla del tipo española en base constituida por terciado estructural de 15 mm de espesor, y fieltro afianzado a la base con clavo terrano de 1"

La instalación se realizará desde la parte inferior de cada faldón hacia la cumbrera, coronándose con la colocación en forma de caballete, adoptando igual solución para la terminación de limahoyas.

En cuanto a limahoyas, se dispondrá la colocación del mismo material especificado para faldones.

La coronación de los planos inclinados de cubierta se rematará con caballete de tejas colocadas en traslapo longitudinal.

2.11 HOJALATERIA

Se confeccionará con planchas lisas de acero zincado de 0,4 mm de espesor, según lo especificado para los revestimientos de cubierta. La hojalatería se sellará contra el polvo y aguas lluvia, con **ELASTOSELLO HARTING** pintable, o similar.

Los forros se aplicarán a los encuentros de revestimientos laterales y planos de cubierta, limahoyas, limatesas, cortagoteras, embudillos de salida de ventilaciones y cualquier otro ducto, que emerja desde el plano de cubierta, según lo indicado en detalles.

Las uniones serán embalietadas y se afianzarán con tornillos selladores auto perforantes de acero galvanizado punta cónica y cabeza hexagonal n° 14x3/4" cada 40 cm.

3. TERMINACIONES

3.1 TABIQUES

3.1.1 Sobretabiques

Sobre el nivel de cadenas y cadenas dintel se consulta la ejecución de sobretabiques a base de albañilería de ladrillo fiscal puesto de sogá, y mortero plástico de cemento y arena.

En su extremo superior, la albañilería se coronará con chorizo de hormigón armado, en dimensión, dosificación y armadura según Cálculo.

3.2 REVESTIMIENTOS Y FORROS

3.2.1 Estuco cemento arena.

En los paramentos verticales correspondientes, se consultan albañilerías de ladrillo dispuestas en aparejo de sogá; como también en los refuerzos de hormigón; se colocará revestimiento a base de mortero plástico de cemento y arena preparado en proporción 1:4 de 25 mm., de espesor.

3.2.2 Cerámica en muros.

En los paramentos verticales correspondientes a hall de espera (Altura de Zocalo de 1.80 mt por todo el perímetro interior) y Baños de la **Posta**; Así también como en Cocina y Baño de la **Vivienda**, se colocará revestimiento cerámico de piso a cielo; modelo **RIALTO** de **CORDILLERA** o técnicamente equivalente, en palmetas de medida 20 x 30 cm., dispuestas en sentido vertical, con canterías parejas, rectas, y de profundidad uniforme, en la totalidad de los planos de muros o tabiques.

Respecto a Lavamanos de Boxes de atención, se dispondrá la colocación de igual revestimiento cerámico hasta 0.80 m de altura en los respaldos de artefactos.

Se utilizará adhesivo **THOMSIT SF** en polvo, o similar, y se aplicará con llana dentada. Las canterías se rematarán con **BEFRAGUE** o similar, de color blanco. La disposición de las palmetas de cerámica a instalar sobre vanitorios, se diagramará previamente, a objeto de empalmar adecuadamente los espejos, y aquellas.

3.3 CIELOS

3.3.1 Plancha de yeso papel

En los cielos de Posta y Vivienda correspondientes a recintos secos; se instalará plancha de yeso papel tipo normal calidad **VOLCANITA** de 10 mm de espesor, y borde rebajado para aplicar uniones con sistema de junta invisible, de huincha de fibra **JOINT GUARD**, o similar nivelada y fijada a la estructura de suplido a base de perfiles de acero galvanizado tipo **VOLCOMETAL** o similar, mediante tornillos snack cada 30 cm. en ambos sentidos.

3.3.2 Plancha de yeso papel HR

En los cielos de Posta y Vivienda correspondientes a recintos húmedos; se instalará plancha de yeso papel tipo **HR** calidad **VOLCANITA** de 10 mm de espesor, y borde rebajado para aplicar uniones con sistema de junta invisible, de huincha de fibra **JOINT GUARD**, o similar nivelada y fijada a la estructura de suplido a base de perfiles de acero galvanizado tipo **VOLCOMETAL** o similar, mediante tornillos snack cada 30 cm. en ambos sentidos.

3.3.3 Plancha de yeso reforzada con fibra mineral

En los cielos de la Posta correspondientes a Espera se instalarán piezas de madera de dimensiones 1" x 4" machihembradas y ranuradas, con su eje longitudinal colocado perpendicularmente al eje de las vigas de techumbre.

3.4 AISLACION TERMICA (zona climática 3)

En el interior de los planos de cielo a base de yeso papel, se colocará planchas de lana mineral **AISSLANGLOSS** o similar de espesor tal que el factor **R-100** sea igual o superior a 80 mm según Norma.

Su colocación deberá realizarse al 100% de cobertura, evitando los puentes térmicos.

3.5 PAVIMENTOS

Los pavimentos luego de su instalación deberán entregarse libres de exceso de pegamentos, y limpios para su uso.

3.5.1 Alfombra

En los dormitorios correspondientes a Vivienda, se instalará alfombra Bouclé de 10 mm de espesor, adherida a radier previamente afinado.

La instalación del pavimento especificado se concretará sólo una vez concluidos los trabajos de pintura, electricidad, instalación de marcos de puertas, ventanas, y cualquier otra faena que pueda causar daño prematuro al recubrimiento.

3.5.2 Cerámica esmaltada

En los pisos correspondientes a Vivienda y Baños de Posta —excluido lo especificado en el pto. 3.5.1 se instalará cerámica esmaltada modelo **RIALTO** o similar, en palmetas de 33 x 33 cm.

Se utilizará adhesivo **THOMSIT SF** en polvo, o similar, aplicado con llana dentada.

Las canterías se rematarán con **BEFRAGUE**, o similar, de color blanco. No se aceptará resaltes, porosidades, hendiduras o diferencias de profundidad en la cantería.

Previo a la instalación del pavimento, se verificará que no exista indicios de humedad, en cuyo caso se aplicará un empaste de **SIKA TOP 107 SEAL** o similar, en dos manos.

3.5.3 Pavimentos Vinílicos

En recintos interiores a Posta, se instalará pavimento a base de resina vinílica del tipo Armstrong o similar color bambú.

3.5.4 Pastelón de hormigón vibrado

En acceso a Posta, acceso a la Vivienda, se instalará pavimento a base de pastelón de hormigón vibrado de 50x50 cm., asentado sobre una base de mortero plástico de cemento y arena.

Igual solución deberá aplicarse al contorno de los edificios, colocando pastelón de hormigón vibrado de 50x50 cm., asentado sobre una base de mortero plástico de cemento y arena

3.6 MOLDURAS

Guardapolvo vinílico Polyfloor

En todos los recintos de la Posta, y como remate del encuentro entre pavimento vinílico, y paramentos verticales, se consulta la instalación de guardapolvos vinílicos **POLYFLOOR** o similar, de 70 mm de alto.

3.6.1 Guardapolvo de madera finger joint

En todos los recintos de la Vivienda, y como remate del encuentro entre pavimento cerámico, y paramentos verticales, se consulta la instalación de guardapolvos de madera ensamblada **FINGER JOINT** o superior, de 70 mm de alto.

Los guardapolvos se rematarán con $\frac{1}{4}$ de rodón de madera ensamblada **FINGER JOINT** o superior de $\frac{1}{4}$ "

3.7 CORNISAS

3.7.1 Cornisa de poliestireno expandido

En el encuentro de los paramentos verticales y planos de cielos, se consulta la instalación de cornisa de poliestireno expandido diseño media caña, adherida con pegamento **THOMSIT**.

3.8 CUBREJUNTAS

En las líneas de cambio de pavimento, se instalará cubrejuntas de Aluminio afianzadas a las bases de pavimentos mediante tarugos de fibra y tornillo de 1".

3.9 SELLOS

Deberá considerarse la instalación de los sellos necesarios para otorgar una adecuada hermeticidad al edificio. En el sellado de las aberturas deberá emplearse materiales con propiedades ignífugas demostrables, y con resistencia y durabilidad adecuada, de modo que su resistencia a la acción del fuego, sea superior a la carga de combustibilidad de los materiales empleados en la construcción proyectada.

Como norma, la elección de sellantes deberá considerar:

A Los compuestos de sellado estarán de acuerdo al tamaño de los elementos penetrantes.

B Si los materiales a sellar son combustibles; el sellante deberá tener propiedades intumescentes.

C Si los materiales a sellar no son combustibles; el sellante deberá tener propiedades endotérmicas.

3.10 PUERTAS

En general, se ejecutarán de acuerdo a dimensiones, material, movimiento, y distribución según lo indicado en Plano.

Las medidas de puertas se rectificarán en terreno, y el afianzamiento de los marcos a los rasgos, para la fijación de los marcos a los muros de albañilería, o elementos de hormigón se utilizará tornillos de acero de 4"x8 de cabeza plana con tarugo plástico. Se colocará a razón de 3 unidades por jamba y 2 unidades por dintel.

Se sellará con silicona **ELASTOSELLO** color aluminio, línea Titanio de **HARTING**, o similar, luego de su fijación con tornillos y tarugos, a jambas y dintel.

Las hojas de puertas de abatir se instalarán con una separación inferior, de 5 mm respecto al nivel de piso terminado, o cubrejuntas.

3.10.1 Marcos para puertas

3.10.1.1 Marcos para puertas de madera

En Vivienda y Posta los marcos de puertas indicados en plano de detalle serán de madera ensamblada tipo finger-joint, calidad **CORZA** de 30x70 mm.

Para su instalación sobre muros de albañilería de ladrillos estucados, y de hormigón, se instalarán con tornillos según indicación determinada en 2.20

3.10.1.2 Marcos para puertas de aluminio

En la Posta los marcos de puertas serán de aluminio. Se confeccionará en aluminio anodizado satinado **INDALUM** serie 53, o similar, color mate.

Para su instalación sobre muros de albañilería de ladrillos estucados, y de hormigón, se instalarán con tornillos según indicación determinada en 3.10

3.10.2 Hojas de puertas

3.10.2.1 Hojas de aluminio vidriadas

En acceso principal a Posta se consulta instalación de hoja doble, con mecanismo de abatir en dos sentidos. Se confeccionarán en aluminio anodizado satinado **INDALUM** serie 53, o superior, color Mate.

En tanto que para la salida posterior de la Posta hacia la circulación exterior, se consulta instalación de hoja simple, con mecanismo de abatir en un sentido. Se confeccionará en aluminio anodizado satinado **INDALUM** serie 53, o superior, color mate.

3.10.2.2 Hojas de madera

Hoja de madera compuesta de bastidor de coigue o laurel de 2" x 2", y recubrimiento de terciado, adherido a la estructura con resina fenólica, y refuerzo interior para instalación de cerradura embutida.

Las hojas tendrán un espesor de 45 mm, y se montarán a marcos, con 3 bisagras pommel calidad **SCANAVINI** de bronce satinado de 3 1/2" x 3 1/4", con sus respectivos tornillos.

Las hojas de puertas correspondientes a Baños y Boxes, se instalarán con celosías de madera de 0.20x0.30 m modelo **GERA**.

3.11 QUINCALLERIA Y GUARNICIONES

Incluirá todas las piezas, mecanismos, y accesorios para el correcto funcionamiento de hojas de puertas, y ventanas; tales como cerraduras, bisagras, pomeles, cierra puertas hidráulicos, celosías, topes de seguridad, sellos de felpa, y burletes.

3.12 CERRADURAS Y CHAPAS

3.12.1 Puertas

En puertas vidriadas de **Acceso**, se consulta cerradura embutida con guarnición de aluminio color titanio, cerradura de embutir con cerrojo interior de 2 pitones, y llave por el exterior. Ambas hojas se instalarán con picaportes en sus extremos inferior y superior.

En puertas de **acceso a Boxes**, se consulta cerradura tubular **SCANAVINI** Línea 4000, modelo 4040 con cerrojo interior, y cilindro exterior.

En puertas de **acceso a Baños**, se consulta cerradura tubular **SCANAVINI** Línea 4000, modelo 4044 con seguro interior, y ranura de emergencia exterior.

En portones de **Acceso vehicular y peatonal a Posta**, se consulta cerradura tubular **SCANAVINI** Línea 2000, modelo 2001 con cilindro por ambos lados, picaporte y cerrojo de 2 pitones.

3.12.2 Ventanas

Para todas las ventanas, y puertas ventana se consulta quincallería de aluminio en color titanio, según Línea de perfiles definida en 3.10.3

3.12.3 Topes de puertas

Se consulta la provisión e instalación de topes inferiores de goma, del tipo bola al piso **FISHER**, color gris. Se instalarán a no menos de 25 cm. del punto máximo de pivoteo de la hoja de la puerta.

3.13 VENTANAS

3.13.1 Marcos y hojas

En general, se construirán de acuerdo a dimensiones, material, mecanismos de abatimiento, proyección, y desplazamiento respecto a marcos, en distribución según lo indicado en Planos de Detalle

Se ejecutarán en carpintería de aluminio, calidad **INDALUM**, serie **53** o superior.

Los marcos y hojas serán de color café titanio, y se sellarán en sus atraques a vanos, con silicona al tono. Se consulta todos los elementos de quincallería para su funcionamiento.

3.13.2 Vidrios

Los vidrios no podrán acusar defectos en sus bordes, por corte irregular, o deformaciones en sus espesores, ni en sus grados de transparencia.

3.13.2.1 Transparentes

A instalar según lo indicado en Planos respectivo serán de primera calidad, libres de defectos, y perfectamente lisos y transparentes.

3.13.2.2 Opalescentes

A instalar según lo indicado en Planos respectivos, serán de primera calidad, libres de defectos, terminación traslúcida.

3.13.3 Espejos murales

En Baño Público de Posta se instalará espejos de cristal origen nacional **LIRQUEN** o similar, de primera calidad con sus bordes pulidos y esquinas redondeadas.

Estos espejos se instalarán entre cerámica, con cinta adhesiva de doble contacto y cordón de silicona en base de espejo y entre espejo y palmetas de cerámica de muros.

La medida de los espejos se determinará en obra, según el área disponible, y la modulación del revestimiento cerámico de muros.

3.14 PINTURAS

Previo a la aplicación de emulsiones imprimantes, y pinturas de terminación se deberá preparar adecuadamente toda superficie a cubrir, eliminando partículas sueltas, suciedad aceites, sales, grasas, y cualquier otro elemento adherido, que impida obtener una adecuada terminación superficial.

Las pinturas se aplicarán en 2 manos como mínimo, o las que a juicio de la ITO sea necesario hasta obtener el perfecto recubrimiento de las superficies, evitando salpicaduras, suciedad, o marcas de brochas sobre bisagras, bocallaves, celosías, marcos de puertas y ventanas, vidrios, pavimentos; y cualquier elemento contiguo a los elementos a pintar, para lo cual será obligatorio el uso de protecciones con cartón corrugado, plástico, o similar. En tanto que para los elementos que requieran cortes rectos y parejos, se utilizará cinta adhesiva separadora.

Los recubrimientos se deberán aplicar, en rangos de temperatura adecuada, y fuera del alcance del viento o partículas en suspensión, evitando suciedad, o cuerpos extraños adheridos.

La calidad, tipo, y procedencia de los recubrimientos base, y de terminación, como los equipos y elementos de aplicación; deberán contar con la aprobación previa de la ITO., para lo cual se preparará con anticipación, muestras de cada una de las texturas y colores. Las muestras debidamente recibidas, quedarán a la vista, y se considerarán como estándar de calidad oficial en la obra.

El material a emplear en las distintas partidas será de primera calidad, y deberá llegar a la obra en sus envases originales sellados, debiendo mantenerse almacenadas en sus envases originales, a una temperatura no mayor de 30 °, y alejados de cualquier fuente de calor.

3.14.1 Anticorrosivo

A aplicar sobre las estructuras metálicas de acero no zincadas correspondientes a portones de acceso vehicular y peatonal y sus componentes y a estructura superior de techumbre en Hall de espera, en 2 manos de distinto color, **CHILCORROFIN N° 43**, o similar.

Antes de la aplicación de la primera mano, deberá lijarse prolijamente, hasta obtener el metal vivo, con el fin de impedir futuras afloraciones de óxido bajo las pinturas. Asimismo, se removerá todo resto de soldadura, polvo, grasa, óxido, laminilla, escoria o salpicaduras y todo otro material extraño, de manera de obtener superficies limpias, secas y parejas para recibir las capas de protección especificadas.

El recubrimiento anticorrosivo se aplicará en dos manos de distinto color antes del recubrimiento de terminación

3.14.2 Esmalte sintético

A aplicar sobre las estructuras metálicas no estructurales de acero no cincadas y sus componentes, carpintería metálica de terminación como portones, barandas, escalas; y en superficies de puertas de madera y sus cantos; en 2 manos, calidad **SHERWIN WILLIAMS**, o superior, con propiedades fungicidas.

Las manos de pintura especificada se aplicarán a intervalos no inferiores a 24 horas. Se tendrá especial cuidado de no dañar o manchar elementos adosados a muros y tabiques, como tapas, enchufes o interruptores.

Previo a la aplicación de esmalte, se retapará las porosidades y perforaciones, y se recorrerá las marcas con masilla mágica; dejando las superficies absolutamente sedosas, y sin resaltes.

3.14.3 Óleo satinado

A aplicar en todas las superficies de cielos interiores a base de yeso papel, y fibrocemento liso, en 3 manos, calidad **SHERWIN WILLIAMS**, o superior, con propiedades fungicidas.

Previo a la aplicación de óleo, se recorrerá las marcas con masilla mágica, y se sellará con anticorrosivo las cabezas de los elementos metálicos de fijación de las planchas a su base, dejando las superficies absolutamente sedosas, y sin resaltes.

La aplicación de pintura será mediante rodillo de esponja y brocha. En cualquier caso y en particular ante el evento de requerirse retoques de pinturas, se tendrá especial cuidado en no dañar los elementos adyacentes, sean estos pavimentos, muros pintados, elementos de madera, cristal u otros, los que deberán ser convenientemente protegidos.

3.14.4 Látex vinílico

A aplicar en todas las superficies de paramentos verticales, como muros estucados interiores y exteriores, en 2 manos, calidad **SHERWIN WILLIAMS**, o superior, con propiedades fungicidas.

3.14.5 Barniz marino

A aplicar en todas las superficies o caras de madera a la vista.

Previo a la aplicación de barniz, se aplicará imprimante a base de linaza, colocado en caliente, con 24 horas de anticipación. Como mínimo, respecto a la aplicación del recubrimiento de terminación.

4 INSTALACIONES INTERIORES

En general, las redes de instalaciones deberán proyectarse de acuerdo a la normativa vigente que las rige, su materialización sólo podrá ser ejecutada por Instaladores Autorizados, y los puntos de conexión, acometida, descarga, y demás aspectos relacionados con su acoplamiento a las redes existentes en el terreno al cual se conecta la construcción la proyectada, deberá ser aprobada por la ITO.

Previo conexión y puesta en servicio, deberá desconectarse las instalaciones provisionales utilizadas durante las faenas de construcción, en tanto que las instalaciones definitivas se someterán a las pruebas específicas exigidas por los organismos respectivos, cuyos resultados deberán consignarse en los certificados respectivos.

4.1 AGUA POTABLE

4.1.1 Generalidades

La ITO, a través del Supervisor de la obra, determinará los puntos de conexión desde los cuales se extenderá la red proyectada, cuyo recorrido quedará colgado a losas, o embutido a muros o tabiques.

El diseño y funcionamiento de las instalaciones de agua potable deberá garantizar en toda circunstancia, la preservación de la potabilidad del agua, y la durabilidad de sus instalaciones.

4.1.2 Red Interior

Para el correcto funcionamiento de la instalación de agua potable fría y caliente, se observará estrictamente las prescripciones contenidas en los proyectos respectivos, en especial en lo referente a presión, velocidad, caudal, trazado, material y diámetro de cañerías, accesorios, fittings, calidad y tipo de cañerías y soldaduras, y pruebas finales de estanqueidad y presión.

Debido a las condiciones extremas del clima y sus oscilaciones térmicas estacionales, se deberá proteger con material todas las cañerías proyectadas para el suministro de agua fría y caliente.

Los proyectos de agua potable fría y caliente, en cuanto a materiales, diámetros y trazado, como los respectivos cuadros informativos, se encuentran desarrollados en los planos de Disposición Sanitaria Proyectada.

4.2 ALCANTARILLADO

El diseño de las instalaciones de alcantarillado y sus tuberías, quedará determinado por el máximo de unidades de equivalencia hidráulica, según cuadro, a objeto de asegurar la evacuación rápida y expedita de las aguas servidas desde los artefactos sanitarios instalados; así como evitar el paso de aire, olores, y microorganismos desde las tuberías hacia los ambientes habitables, garantizando la hermeticidad y durabilidad del sistema.

Se proyecta un sistema de alcantarillado particular, a base de FOSA SEPTICA y DRENES ABSORBENTES, según la condición natural del terreno, y sus propiedades de infiltración.

El sistema de Alcantarillado, en cuanto a materiales, diámetros y trazado, como los respectivos cuadros informativos, se encuentran desarrollados en los Planos de Disposición Sanitaria Proyectada.

4.3 ARTEFACTOS SANITARIOS

En general, se proveerá e instalará artefactos sanitarios de origen nacional y 1ª selección, sin burbujas, sopladuras ni trizaduras, con los respectivos fittings, accesorios, y demás mecanismos para su óptimo funcionamiento.

El cálculo del diámetro de cañerías y la presión en la red, deberá considerar parámetros que posibiliten la instalación y correcto funcionamiento de las correspondientes válvulas, para los artefactos sanitarios que se indica.

4.3.1 Artefactos Standard

Se considera su provisión e instalación en Baños de Público, en Posta; y Baño de Vivienda.

4.3.1.1 Inodoro

Se instalará inodoro de losa vitrificada, marca **FANALOZA**, modelo **VERONA** o similar, con asiento de polivinilo marca **EUROPA** o similar.

4.3.1.2 Lavamanos

Se instalará lavamanos montado a pedestal de losa vitrificada, marca **FANALOZA**, modelo **VERONA** o similar.

4.3.1.3 Lavaplatos

En Cocina de Vivienda se instalará lavaplatos de acero inoxidable 90x50 cm estampado, de 1 tazas y 1 secador marca **TEKA**, o similar.

4.3.2 Artefactos para Minusválidos

4.3.2.1 Lavamanos :

Se considera lavamanos de 0.80 m de altura serie Auxilium marca **OLYMPIA** modelo **AUX-01** color blanco.

4.3.2.2 Inodoro:

Se considera inodoro de 0.45 m de altura serie Auxilium marca **OLYMPIA** modelo **AUX-01** color blanco, con asiento de serie modelo **THERMODUR**.

4.3.2.3 Barra Discapacitado:

Se consulta barra discapacitado en base a pieza metálica de acero inoxidable de 50 mm de diámetro, según detalle.

4.4 ELECTRICIDAD

Para el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, se observará estrictamente todas las prescripciones contenidas en el proyecto respectivo, en especial en lo referido a tablero general, tablero de distribución, sección y número de conductores y fases, circuitos y protecciones, puntos de fuerza y alumbrado, corrientes débiles, accesorios y equipos a instalar.

4.5 GAS LICUADO

El diseño de las instalaciones para el gas licuado y sus tuberías, quedará determinado por el número y ubicación de los artefactos a suministrar, según cuadro, así como las condiciones de ventilación, y distancias críticas a la demás redes, objeto de asegurar el óptimo y seguro funcionamiento del sistema proyectado; garantizando la hermeticidad y durabilidad del mismo.

En general, se proyecta un equipo a base de 4 balones de 45 kg., nicho guardamedidor, y red interior para abastecer a los distintos artefactos que componen la red.

5 OBRAS EXTERIORES

5.1 CIERRO EXTERIOR

Se consulta la construcción de cierre exterior en perfilera metálica, con sus correspondientes mecanismos de abatimiento y accesorios según Plano de Detalles.

5.2 CIERROS MEDIANEROS

Se consulta la construcción de cierre medianeros a base de hormigón vibrado de 1.80 m de altura.

5.3 PAVIMENTOS EXTERIORES

Se consulta la colocación de pavimento a base de maicillo compactado, previa preparación de la sub base con material de empréstito compactado con medios mecánicos.

La colocación del pavimento se regirá por lo indicado en Plano de emplazamiento, y se confinará con solerillas de hormigón vibrado tipo B asentadas en mortero de cemento y arena.

5.4 AREAS VERDES

Se consulta la construcción de jardines exteriores a base de césped mezcla extra resistente de **ANASAC**, previa preparación de la sub base con material árido en su capa inferior, tierra vegetal en su capa intermedia, y tierra de hojas en su capa superior.

La distribución del césped se regirá por lo indicado en Plano de Detalles, y se confinará con solerillas de hormigón vibrado tipo B asentadas en mortero de cemento y arena.

5.5 RAMPA DISCAPACITADOS

Al costado de las gradas de acceso a la Posta, se construirá rampa para discapacitados, en ancho y pendiente según Norma.

Se confeccionará en hormigón, con armadura y dosificación según cálculo.

5.6 SEÑALÉTICA

Para la correcta y segura identificación de recintos, Salidas de Emergencia, Áreas de Protección, así como la ubicación de equipos para la extinción de incendios, tableros eléctricos, y otros se instalará la señalética correspondiente.

La instalación de los elementos de señalética en cuanto a cantidad, material, tamaño, condición de luminosidad, y distribución; se determinará según las exigencias y estándares definidos por la Municipalidad de Paredones, debiendo quedar instalada en los respectivos recintos, antes de la utilización pública de los mismos.

5.7 EXTINTORES DE INCENDIO

Se consulta la provisión e instalación de extintores contra incendio, en número y calidad, según el tipo de edificio y sus recintos, definida en el **DS 369** de 1996 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

El número de extintores se distribuirá en el área a proteger, de modo tal que desde cualquier punto, el recorrido hasta el equipo más cercano, no supere la distancia máxima de traslado correspondiente, definido en el **DS 594** de 1999 del Minsal.

Serán de accionamiento manual a base de polvo químico de 25 k de capacidad, tipo ABC, y se ubicarán, según lo determine la ITO, en sitios de fácil acceso, a una altura máxima de 1,30 m.

5.8 Mobiliario incorporado

Se consulta por todo lo incorporado en los planos de Proyecto

5.9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

Se consulta por una planta de tratamiento de aguas servidas de lodos activados propuesta por contratista y aprobación de Servicio de Salud.

6 RECEPCIÓN DE OBRA

6.1 ASEO FINAL

Al término de las obras, y previo a la recepción, se efectuará un cuidadoso aseo final de la obra y sus recintos interiores, prestando especial atención a la limpieza de vidrios y espejos, artefactos sanitarios, elementos de cerrajería, desmanche prolijo, y repintado en los casos que corresponda.

El perímetro exterior al edificio se entregará libre de elementos que puedan considerarse desechos, residuos de embalaje de equipos y materiales, o basuras.

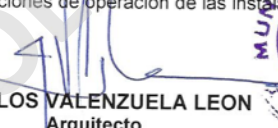
6.2 EXTRACCIÓN DE ESCOMBROS

Deberá incluirse la extracción y traslado de escombros, desperdicios y basuras generadas durante el proceso de construcción, a botaderos autorizados; así como el sobrante de materiales, y el retiro de maquinarias, equipos y herramientas utilizadas en la faena por la Empresa Contratista, debiendo dejar el entorno despejado y completamente limpio.

6.3 RETIRO DE INSTALACION DE FAENAS

Una vez concluida la obra, se procederá a desmontar las construcciones provisionales, cierros perimetrales, como a la desconexión de instalaciones sanitarias y eléctricas habilitadas para esta finalidad.

La ITO determinará el protocolo y condiciones bajo las cuales deberá reestablecerse las condiciones de operación de las instalaciones existentes que hayan sido intervenidas.


CARLOS VALENZUELA LEON
Arquitecto



MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA
Propietario

PICHIDEGUA, ABRIL 2011

ANEXO

7 CONSULTORIAS

Se realiza la contratación de un inspector técnico de obras según las disposiciones técnicas y competencias de la O.G.U.C, este profesional se contrata por el periodo de ejecución de las obras equivalente a 10 meses.

8 GASTOS ADMINISTRATIVOS

Considera los costos municipales asociados a la ejecución del proyecto, ploteos, impresiones, materiales, viajes, viáticos, entre otros

9 EQUIPAMIENTO

Considera la compra de todo el equipamiento que no es mueble fijo del edificio, silla dental, silla obstetra, etc.

10 EQUIPOS

Considera la compra de todos los equipos para el correcto funcionamiento de la posta, oxígeno, equipos de esterilización, equipo dental, quirúrgico, entre otros.

Imagen N°13: Panorámica del ala antigua de la Escuela Básica San José



Fuente: Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°14: Pasillo del ala antigua de la Escuela



Fuente: Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°15: Pasillo del ala nueva de la Escuela



Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°16: Planta de tratamiento aguas servidas de la Escuela



Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°17: Placa de la planta de aguas servidas de la Escuela



Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°18: Posta Rural San José de Marchigüe



Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022

Imagen N°19: Posta Rural San José de Marchigüe



Fuente: Fotografía tomada el 08 de abril de 2022



The advertisement features a central illustration of a white and grey Helbio H₂PS-5 hydrogen power station. It is surrounded by various icons representing different applications: a wall power outlet, a ferry boat, a telecommunications tower, a greenhouse, a semi-truck, and a cutaway of a house. Green lines connect these icons to the power station, indicating its versatility. The background is a dark blue gradient with a faint grid pattern. At the bottom, a green banner contains the text 'An alternative solution for POWER AND HEAT GENERATION'. Below this, a molecular model of H₂ is shown. The Helbio logo, which includes the text 'Powered by Helbio Hydrogen & Energy Systems', is in the bottom left corner. The large stylized text 'H₂PS-5' is at the bottom center.

Helbio

H₂PS-5

An alternative solution for
**POWER AND HEAT
GENERATION**

Powered by
Helbio
Hydrogen & Energy Systems

H₂PS-5

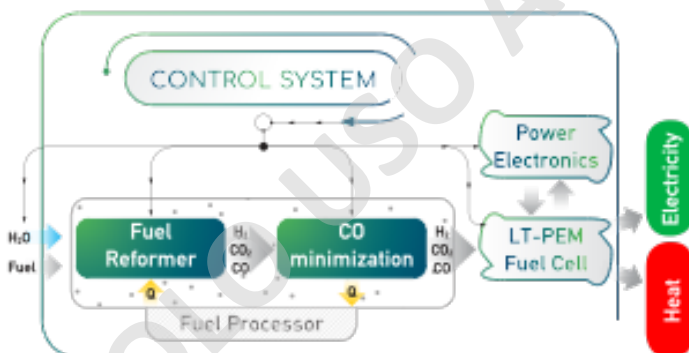
THE PRODUCT

H₂PS-5 is a Combined Heat & Power (CHP) system. It has a capacity of 5 kW electric power, while in the combined heat and power (CHP) mode, it can also produce up to 7 kW thermal energy in the form of hot water. The system is **multi-fuel fed**, i.e. it can operate with either Natural Gas, Propane/LPG or Biogas, converting it to electrical power through an intermediate production of hydrogen using a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEM-FC).

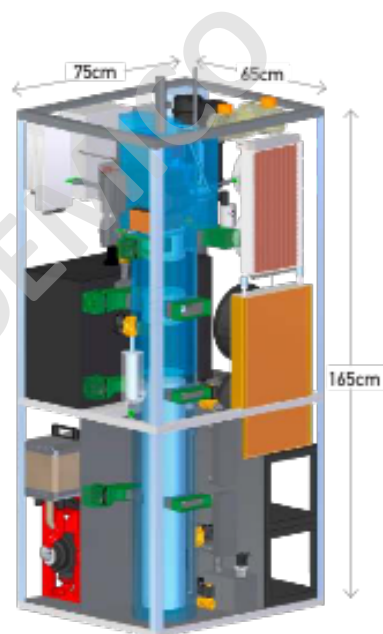
The unit is equipped with a power management system delivering electrical energy in the required form (DC or AC, grid connected or stand-alone), depending on the application. It has the ability to operate in the range of 40-100% of its nominal capacity. Its maximum electrical efficiency is greater than 35% (based on LHV), while total efficiency exceeds 85%.

The integrated system consists of the following sub-units:

- **Fuel processor/hydrogen production unit**, where hydrogen production takes place via the reformation of the feeding fuel
- **Low temperature PEM fuel cell stack**, where power production takes place using the produced hydrogen from the fuel processor
- **Batteries and electronic power management systems**, where the excess produced power is managed
- **Control system**, capable to control the unit and to achieve proper, smooth and safe operation of the **H₂PS-5**



Process Flow Diagram (Fuel steam reforming with LT PEM fuel cell)



COMPARE WITH OTHER SYSTEMS

Currently, gensets serve the market of decentralized power production, however they present significantly lower efficiency compared to **H₂PS-5** and possess a high environmental impact.

	Electrical Efficiency (%)	Fuel Cost* (€/kWh)	CO ₂ equivalent (kg CO ₂ produced/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC (g/kWh)	CO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	SO _x (g/kWh)
H₂PS-5	35	0.26	0.76	0.004	0.04	0.3	N/A	0
Conventional Diesel Generator	16	0.58	2.57	7.5	8.0	0.4	0.17	

Comparison between **H₂PS-5** and a 5kW diesel generator

* based on Greek market prices (10/2018).
Propane as a feeding fuel for **H₂PS-5**

TECHNOLOGY

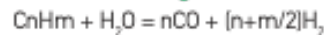
Helbio's technology is based on proprietary and patented reactor catalyst configurations for reformation processes. The reactor configurations utilize the concept of the Heat Integrated Wall Reactor which offers very rapid heat exchange characteristics.

H₂PS-5 uses a PEM Fuel Cell coupled with a fuel processor based on the fed fuel steam reforming. The system comprises a **fuel processing** and a **power generation step**.

Firstly, the fuel processing step:

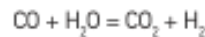
Reformate hydrogen is produced through the following reactions:

Steam Reforming:

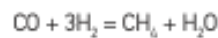


Water Gas Shift

(HT and LT WGS):

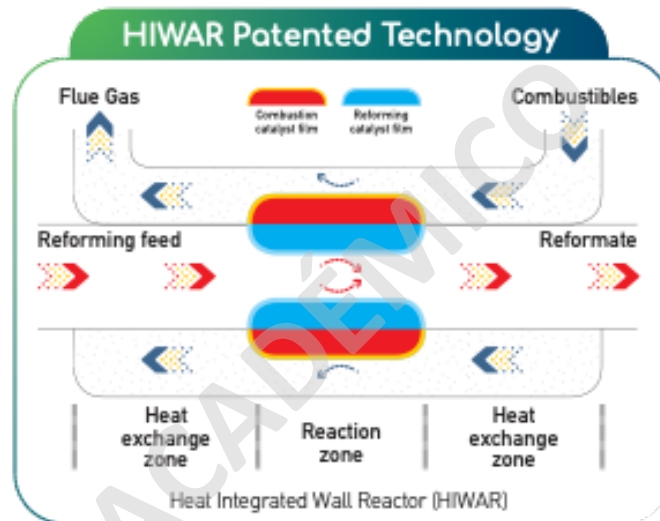


Methanation:



Secondly, the power generation step:

A low temperature Proton Exchange Membrane (PEM) fuel cell is used.

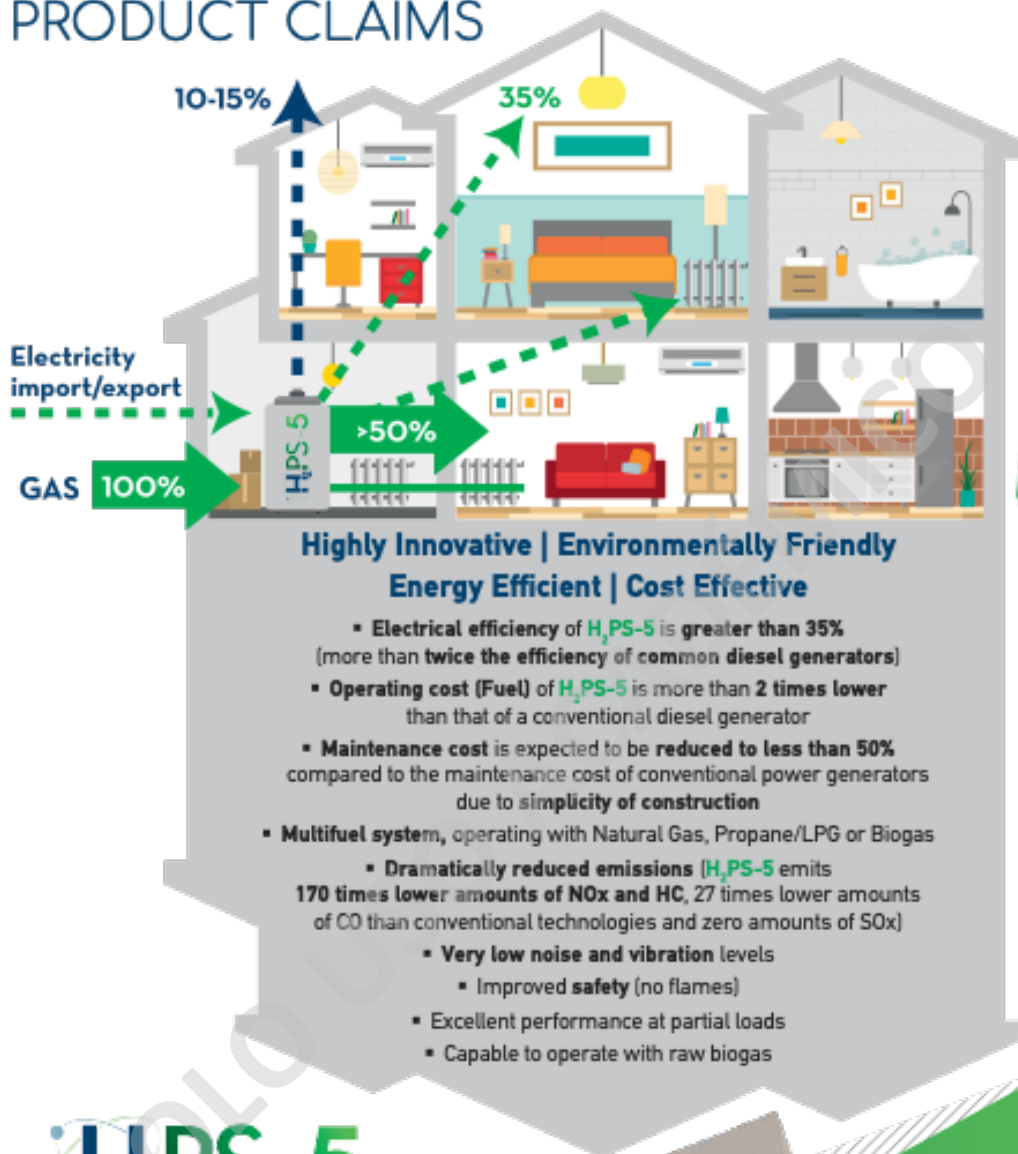


SYSTEM CHARACTERISTICS

TECHNOLOGY	
Reformer	Steam Reforming
Water Gas Shift	High and Low temperature
CO minimization	Selective CO methanation
Hydrogen quality	Reformate
SPECIFICATIONS	
Feeding Fuel	Natural Gas, LPG/Propane, Biogas
Energy Production	5 kWe + 7 kWth
Max Electrical Efficiency	> 35% (based on LHV)
Max Thermal Efficiency	> 50% (based on LHV)
Power Characteristics	48 VDC *
Operating Range Capacity	40-100%
Dimensions (LxWxH)	0.65 m x 0.75 m x 1.65 m
Weight	~ 200 Kg

*Other voltages available upon request

PRODUCT CLAIMS



H₂PS-5





THE COMPANY

HEL BIO is a **high-tech company** founded in 2001 and based in Patras, Greece specialized in development, manufacturing and marketing of **Hydrogen & Energy Production Systems**.



Unique selling point and expertise:

- **Advanced Hydrogen and Energy Production Technologies**
- Products based on **Innovative Technologies**, developed in-house
- **Reforming** technology of NG, LPG, Biogas and Bioethanol
- **Compact and efficient** reactor-catalyst configurations (patented HI-WAR concept)
- Reaction engineering and Catalysis
- Process design
- System integration and control
- Efficient integration of hydrogen generation with **fuel cells**
- **6 International & European registered patents**, secure Helbio's "freedom to operate" (FTO), enabling a successful Commercialization of existing & new products

APPLICATIONS

Telecommunication stations

Telecommunications providers rely on backup power to maintain a constant power supply and to ensure the operability of cell towers. In telecommunication stations, **H₂PS-5** offers many advantages which include reliability, low maintenance costs, reduced frequency of refueling and reduced cost.



On- or off- grid households and other buildings

Main benefits of using **H₂PS-5** include: energy savings due to high electrical and overall efficiency, reduced (or zero, depending on fuel) CO₂ emissions, essential elimination of emissions of atmospheric pollutants such as NO_x, SO_x and particulates, and dramatically reduced noise and vibration level.



Sailing yachts and boats

Boats longer than 10m need a supplementary power generator for power and/or heat production when docked or in the occasion of failure of the main engine. **H₂PS-5** offers the same attractive characteristics as in any other mobile application: reliable, economic, quiet, vibration free, and emission free operation.



Trucks

The market for Auxiliary Power Units (APU) for trucks represents an interesting potential opportunity for fuel cell power systems. Replacement of diesel engines with a **H₂PS-5** power system will result in significant fuel savings, drastically reduced emission of pollutants and significantly quieter operation.



Small-size farms with biogas availability

Future and developing markets for **H₂PS-5** include small biogas producers in farms, food industries and food chains. In the biogas field, conventional technologies suffer from unreliable and interrupted operation due to the low heating value of the fuel, which is not an issue for **H₂PS-5**.



DISCLAIMER

While large efforts have been spent to ensure the accuracy of the information of this document, Helbio S.A. assumes no responsibility for any errors or omissions, or for damages resulting from the use of the information contained herein. The information in this document is subject to change without any prior notice.

Copyright and ownership of this document belongs to HELBIO S.A. The document may be downloaded, printed or copied provided that all copies contain the full information from the complete document. Partial or whole copying of the document is prohibited without written approval from Helbio S.A.



HELBIO S.A. Hydrogen and Energy Production Systems

📍 Patras, Rio 265 04, Greece

Tel: +30 2610 911538 | Fax: 2610 911565

info@helbio.com

www.helbio.com



www.prometheus5.com



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 733099



C65 Microturbine

High-pressure Natural Gas, ICHP



Achieve ultra-low emissions and reliable electrical/thermal generation from natural gas.

- + Ultra-low emissions
- + One moving part – minimal maintenance and downtime
- + Patented air bearings – no lubricating oil or coolant
- + Integrated utility synchronization – no external switchgear
- + Compact modular design allows for easy, low-cost installation
- + Multiple units easily combined – act as single generating source
- + Remote monitoring and diagnostic capabilities
- + Proven technology with tens of millions of operating hours
- + Various Factory Protection Plans available



C65 ICHP Microturbine

Electrical Performance⁽¹⁾

Electrical Power Output	65kW
Voltage	400/480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 Wire Wye
Frequency	50/60 Hz
Electrical Efficiency LHV	29%

Fuel/Engine Characteristics⁽¹⁾

Natural Gas HHV	30.7–47.5 MJ/m ³ (825–1,275 BTU/scf)
Inlet Pressure	517–551 kPa gauge (75–80 psig)
Fuel Flow HHV	888 MJ/hr (842,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	12.4 MJ/kWh (11,800 BTU/kWh)

Exhaust Characteristics⁽¹⁾

NOx Emissions @ 15% O ₂	< 9 ppmvd (19 mg/m ³)
Exhaust Mass Flow	0.49 kg/s (1.08 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	309°C (588°F) (Heat Recovery Bypassed)

ICHP Heat Recovery⁽²⁾

Integrated Heat Recovery Module Type	Copper Core	Stainless Steel Core
Hot Water Heat Recovery	122kW (0.42 MMBTU/hr)	70kW (0.24 MMBTU/hr)

Reliable power when and where you need it. Clean and simple.

Dimensions & Weight⁽³⁾

Width x Depth x Height ⁽⁴⁾	0.76 x 2.20 x 2.36 m (30 x 87 x 93 in)
Weight - Grid Connect Model	998 kg (2,200 lb)
Weight - Dual Mode Model	1,364 kg (3,000 lb)

Minimum Clearance Requirements⁽⁵⁾

Horizontal Clearance	
Left & Right	0.76 m (30 in)
Front - Grid Connect Model	0.76 m (30 in)
Front - Dual Mode Model	1.65 m (65 in)
Rear	0.76 m (30 in)

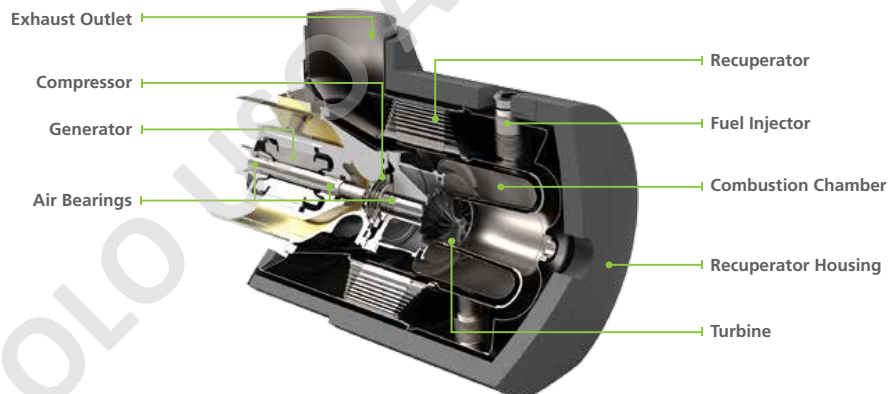
Acoustic Emissions

Nominal at Full Power at 10 m (33 ft)	65 dBA
---------------------------------------	--------

Certifications

- UL 2200 Listed
- CE Certified
- Certified to the following grid interconnection standards: UL 1741, VDE, and BDEW
- Compliant to California Rule 21

C65 Engine Components

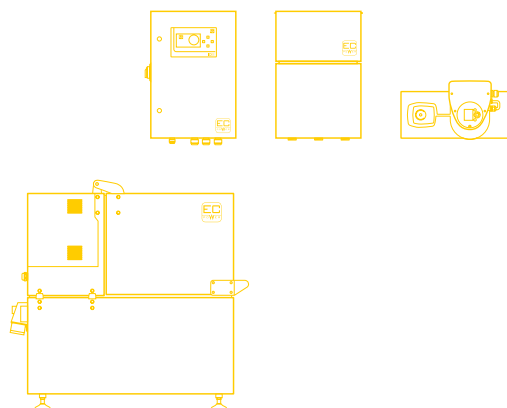


- (1) Nominal full power performance at ISO conditions: 15°C (59°F), 14.696 psia, 60% RH
 (2) Heat recovery for water inlet temperature of 60°C (140°F) and flow rate of 2.5 l/s (40 GPM)
 (3) Approximate dimensions and weights
 (4) Height dimensions are to the roofline. Exhaust stack extends at least 178 mm (7 in) above the roofline
 (5) Clearance requirements may increase due to local code considerations
 Specifications are not warranted and are subject to change without notice.

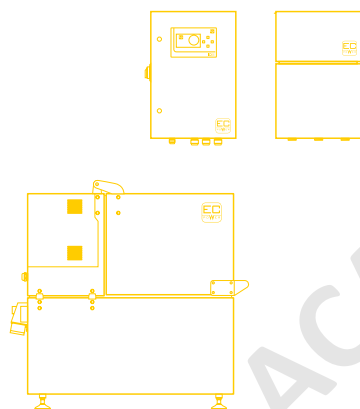
21211 Nordhoff Street | Chatsworth, CA 91311 | 866.422.7786 818.734.5300
 ©2016 Capstone Turbine Corporation. P0617 C65 HP Natural Gas ICHP Data Sheet CAP186 | Capstone P/N 331072B
www.capstoneturbine.com



A+++



A+++



XRGI® 6

DATOS TÉCNICOS

01DOC1090-01

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO CONFORME A REGLAMENTO (UE) Nº 811/2013; 813/2013, ACTUALIZADA EL 26.09.2019

DATOS TÉCNICOS XRGi® 6

Ficha técnica del producto conforme a Reglamento (UE) nº 811/2013; 813/2013, actualizada el 26.09.2019



Q20 iQ10



El XRGi® es un sistema de calefacción que funciona según el principio de cogeneración.

Un sistema XRGi® consta de tres componentes principales: Power Unit, distribuidor de calor Q y módulo de control iQ.

Además, para un funcionamiento óptimo puede ampliar su sistema XRGi® añadiendo un acumulador de calor con una capacidad de 500, 800 ó 1.000 litros.

DATOS DEL PEDIDO

Nombre o marca comercial del proveedor	EC POWER	
Identificador del modelo del proveedor	XRGi® 6 sin aprovechamiento del valor calorífico bruto¹	XRGi® 6 con aprovechamiento del valor calorífico bruto¹
Número de artículo	X060001	X060001+K000104
Módulos	Power Unit, módulo de control iQ10, distribuidor de calor Q20	Power Unit, módulo de control iQ10, Distribuidor de calor Q20 + valor calorífico bruto/intercambiador de calor de gas de escape BW4+

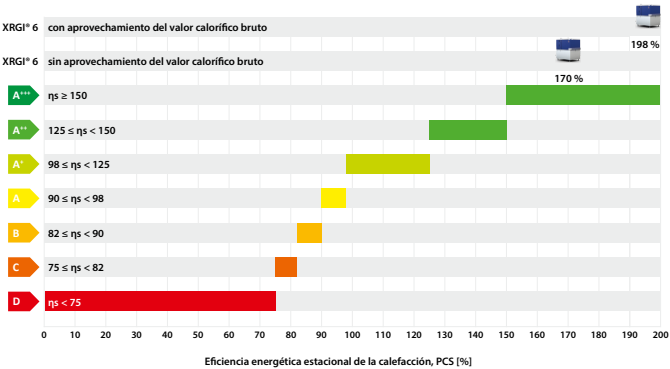
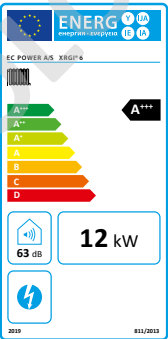
DATOS ETIQUETA ErP²

Clase para la eficiencia energética estacional de la calefacción	A+++	A+++
Potencia calorífica nominal	12 kW	14 kW
Efficiencia energética estacional de la calefacción, valor calorífico bruto, PCS³	170 %	198 %
Nivel de potencia acústica, interior	63 dB	63 dB
Efficiencia eléctrica, según PCI³	30 %	30 %
Todas las medidas especiales que deben tomarse para el montaje, instalación o mantenimiento	Ver manual e instrucciones de mantenimiento y puesta en marcha	Ver manual e instrucciones de mantenimiento y puesta en marcha

¹ Temperaturas de retorno conforme a EN 50465 2015 7.6.1: Sin aprovechamiento del valor calorífico bruto 47°C, con aprovechamiento del valor calorífico bruto 30°C.

² Las cifras se han redondeado conforme a los requisitos de las fichas técnicas de productos del Reglamento (UE) nº 811/2013, 813/2013.

³ PCS = poder calorífico superior, PCI = poder calorífico inferior



POTENCIA

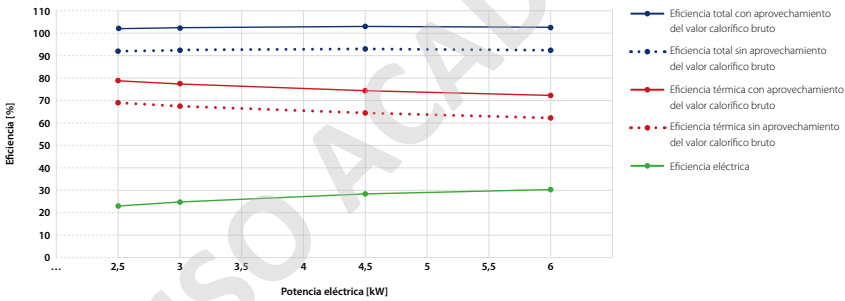
Sistema XRG1 ⁶		XRG1 ⁶ sin aprovechamiento del valor calorífico bruto ¹			XRG1 ⁶ con aprovechamiento del valor calorífico bruto ¹		
Modulación de potencia*		50 %	75 %	100 %	50 %	75 %	100 %
Potencia eléctrica, modulante*	kW	3,0	4,5	6,0	3,0	4,5	6,0
Potencia térmica, modulante*	kW	8,1	10,1	12,4	9,3	11,7	14,4
Consumo de potencia, gas según PCI ²	kW	12,0	15,7	20,0	12,0	15,7	20,0
Consumo eléctrico propio, producción	kW	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Consumo eléctrico propio, en modo de espera	kW	0,024			0,024		

GRADOS DE EFICIENCIA Y PARÁMETROS DE SERVICIO

Modulación de potencia*		50 %	75 %	100 %	50 %	75 %	100 %
Eficiencia eléctrica según PCI ²	%	24,8	28,5	30,1	24,8	28,5	30,1
Eficiencia térmica según PCI ²	%	67,6	64,5	62,3	77,5	74,5	72,3
Eficiencia total según PCI ²	%	92,4	93,0	92,4	102,3	103,0	102,4
Eficiencia energética estacional de la calefacción en estado de servicio ^{3,4} η_{zon}	%	175			202		

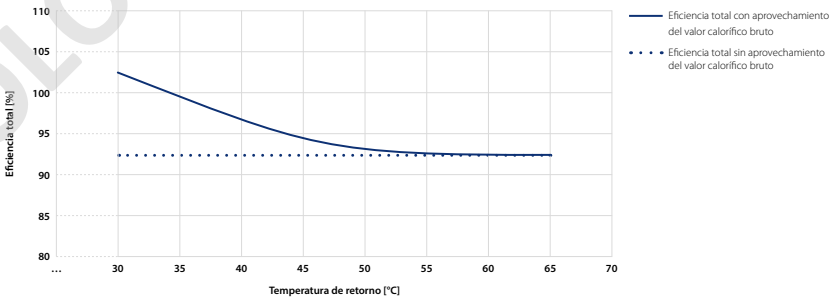
MODULACIÓN DE POTENCIA

Modulación en continuo de 2,5 – 6 kW en funcionamiento orientado por la demanda eléctrica



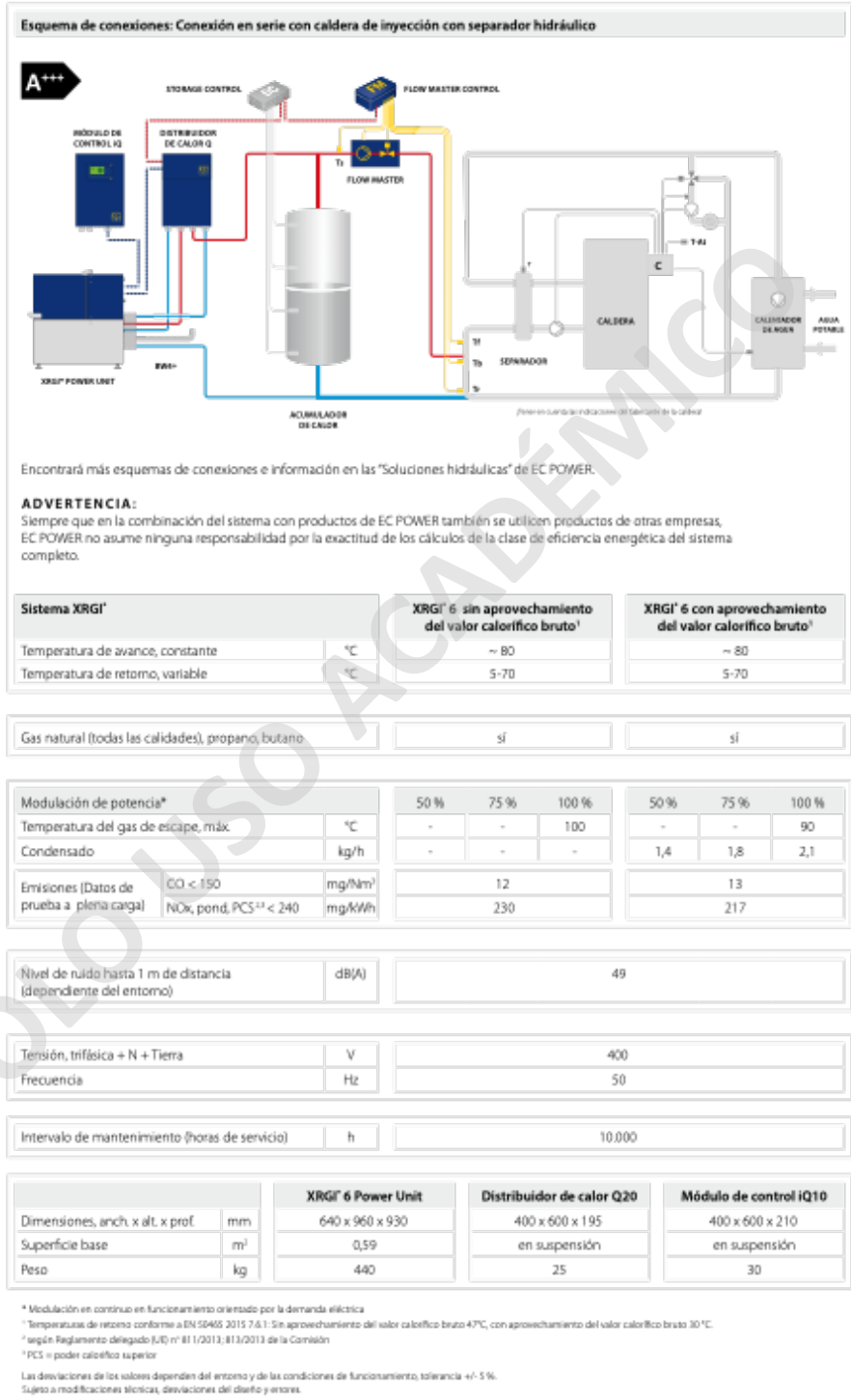
EFICIENCIA TOTAL A POTENCIA COMPLETA

XRG1⁶ Eficiencia total / Temperatura de retorno



* Modulación en continuo en funcionamiento orientado por la demanda eléctrica
¹ Temperaturas de retorno conforme a EN 50465 2015 7.6.1: Sin aprovechamiento del valor calorífico bruto 47°C, con aprovechamiento del valor calorífico bruto 30 °C
² PCI = poder calorífico inferior
³ Estos valores se basan en organismos de control independientes, certificados y autorizados. Los informes están disponibles a petición.
⁴ Eficiencia con potencia calorífica nominal según Reglamento delegado (UE) n° 811/2013; 813/2013 de la Comisión

CONEXIÓN
HIDRÁULICA



DATOS TÉCNICOS XRGi® 6 CON FLOW MASTER

(regulador de temperatura, clase II = 2%)

Ficha técnica del producto conforme a Reglamento (UE) nº 811/2013; 813/2013, actualizada el 26.09.2019



Q20 iQ10 FM



En la figura se muestra el modelo FM 350

A+++



Flow Master, con Flow Master Control incluido, regula el aporte de calor del XRGi® y del acumulador de calor al circuito de consumidores. Con esta técnica de sistemas, es posible suministrar temporalmente al lado del consumidor una mayor potencia calorífica. De este modo, con el XRGi® pueden suministrarse picos de demanda de calor y aumentar así el tiempo de funcionamiento y la generación de corriente.

Los 4 modelos puede suministrar, con un ΔT de 20 K, una potencia calorífica de 50, 150, 250 o 350 kW.

DATOS DEL PEDIDO

Nombre o marca comercial del proveedor	EC POWER			
Identificador del modelo del proveedor	XRGi® 6 sin aprovechamiento del valor calorífico bruto¹		XRGi® 6 con aprovechamiento del valor calorífico bruto¹	
Número de artículo	X060001		X060001+K000104	
Módulos	Power Unit, módulo de control iQ10, distribuidor de calor Q20		Power Unit, módulo de control iQ10, Distribuidor de calor Q20 + valor calorífico bruto/intercambiador de calor de gas de escape BW4+	
Identificador del modelo del proveedor	Flow Master con Flow Master Control incluido			
Modelo FM (regulador de temperatura clase II = 2 %)	FM 50	FM 150	FM 250	FM 350
Número de artículo	17D1130	17D1131	17D1132	17D1133

DATOS ETIQUETA ErP²

Clase de eficiencia energética estacional de la calefacción del equipo combinado	A+++	A+++
Eficiencia energética estacional de la calefacción del equipo combinado	172 %	200 %

¹ Temperaturas de retorno conforme a EN 50465 2015 7.6.1: Sin aprovechamiento del valor calorífico bruto 47°C, con aprovechamiento del valor calorífico bruto 30°C.
² Las cifras se han redondeado conforme a los requisitos de las fichas técnicas de productos del Reglamento (UE) nº 811/2013; 813/2013.

Eficiencia energética estacional de la calefacción con cogeneración		170 %
Regulador de temperatura	Clase I = 1 %, Clase II = 2 %, Clase III = 1,5 %, Clase IV = 2 %, Clase V = 3 %, Clase VI = 4 %, Clase VII = 3,5 %, Clase VIII = 5 %	2 %
Caldera auxiliar	Eficiencia energética estacional de la calefacción en %	() - 'I' x 'II' = - () %
Aporte solar (de la ficha técnica del dispositivo solar)		
Dimensiones del colector (en m²)	Volumen del depósito (en m³)	Eficiencia del colector (en %)
Clasificación del depósito A* = 0,95, A = 0,91, B = 0,86, C = 0,83, D-G = 0,81		
('III' x () + 'IV' x ()) x 0,7 x () / 100 x () = + () %		4
Eficiencia energética estacional de la calefacción del equipo combinado		172 %
Clase de eficiencia energética estacional de la calefacción del equipo combinado		
☐ G < 30 % ☐ F ≥ 30 % ☐ E ≥ 34 % ☐ D ≥ 36 % ☐ C ≥ 75 % ☐ B ≥ 82 % ☐ A ≥ 90 % ☐ A* ≥ 98 % ☐ A** ≥ 125 % ☒ A+++ ≥ 150 %		

La eficiencia energética indicada en esta ficha técnica para el conjunto de productos puede diferir de la eficiencia energética tras su montaje en el edificio, ya que influyen sobre ella factores como la pérdida de calor en el sistema de distribución o las dimensiones de los productos en relación al tamaño y características del edificio.

Sujeto a modificaciones técnicas, desviaciones del diseño y errores.



WWW.ECPOWER.EU

SOLO USO ACADÉMICO

XRGI[®] 6

D A T O S T É C N I C O S

01DOC1090-01

09/2019