



Ministerio de  
Salud

Gobierno de Chile

## EJEMPLOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ÁREA DE SALUD EN LA REGIÓN DE AYSÉN

**Pablo Canales**

Arquitecto

Magíster en construcción sustentable

Departamento de proyectos hospitalarios

División Inversiones - Ministerio de Salud



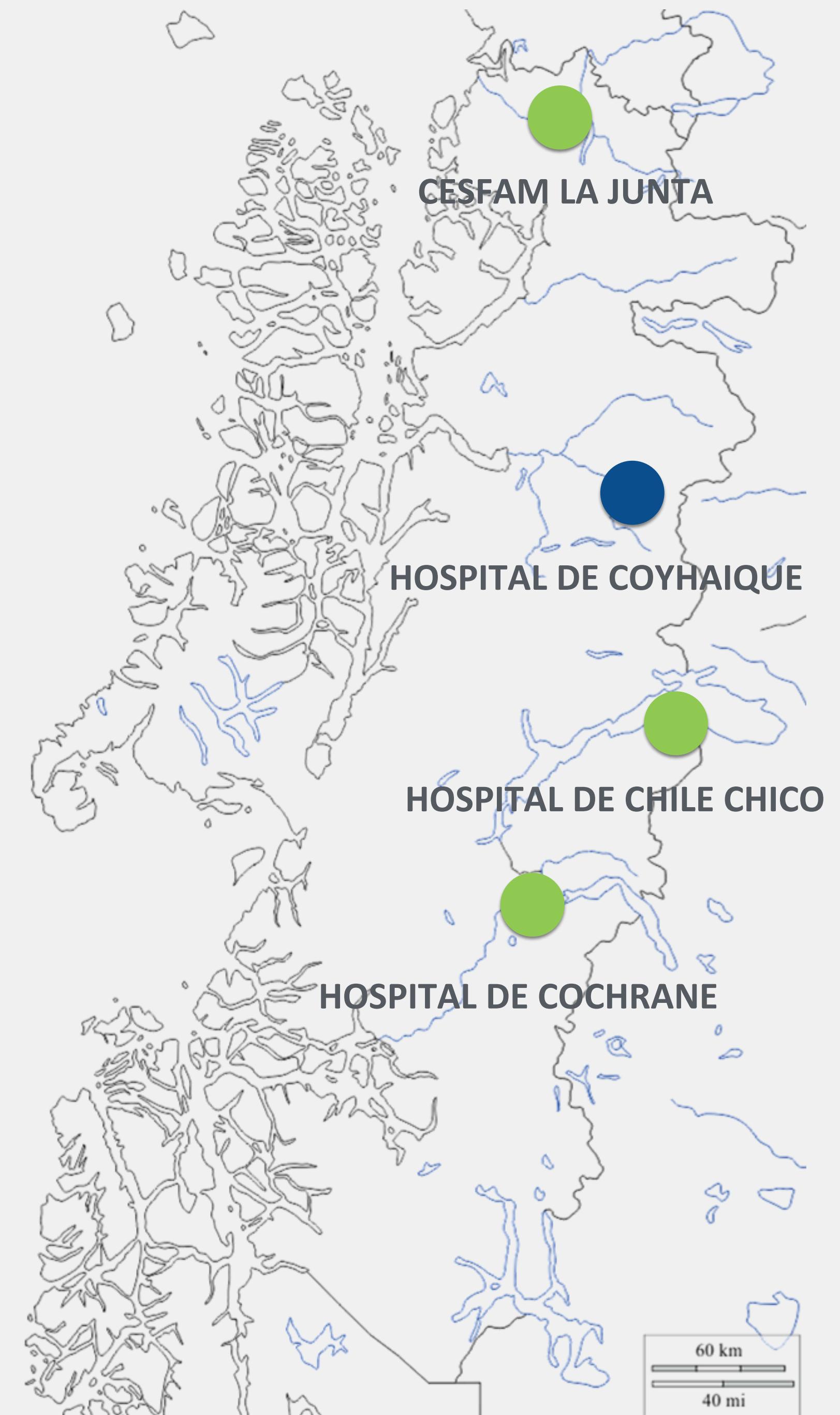


## ● DISEÑO CON CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN NUEVA

- **REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE –**  
Terminado pronto a entregar
- **CESFAM DE LA JUNTA –**  
Terminado año 2018
- **NORMALIZACIÓN HOSPITAL DR. LEOPOLDO ORTEGA DE CHILE CHICO –** En licitación para diseño y construcción

## ● MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN EXISTENTE

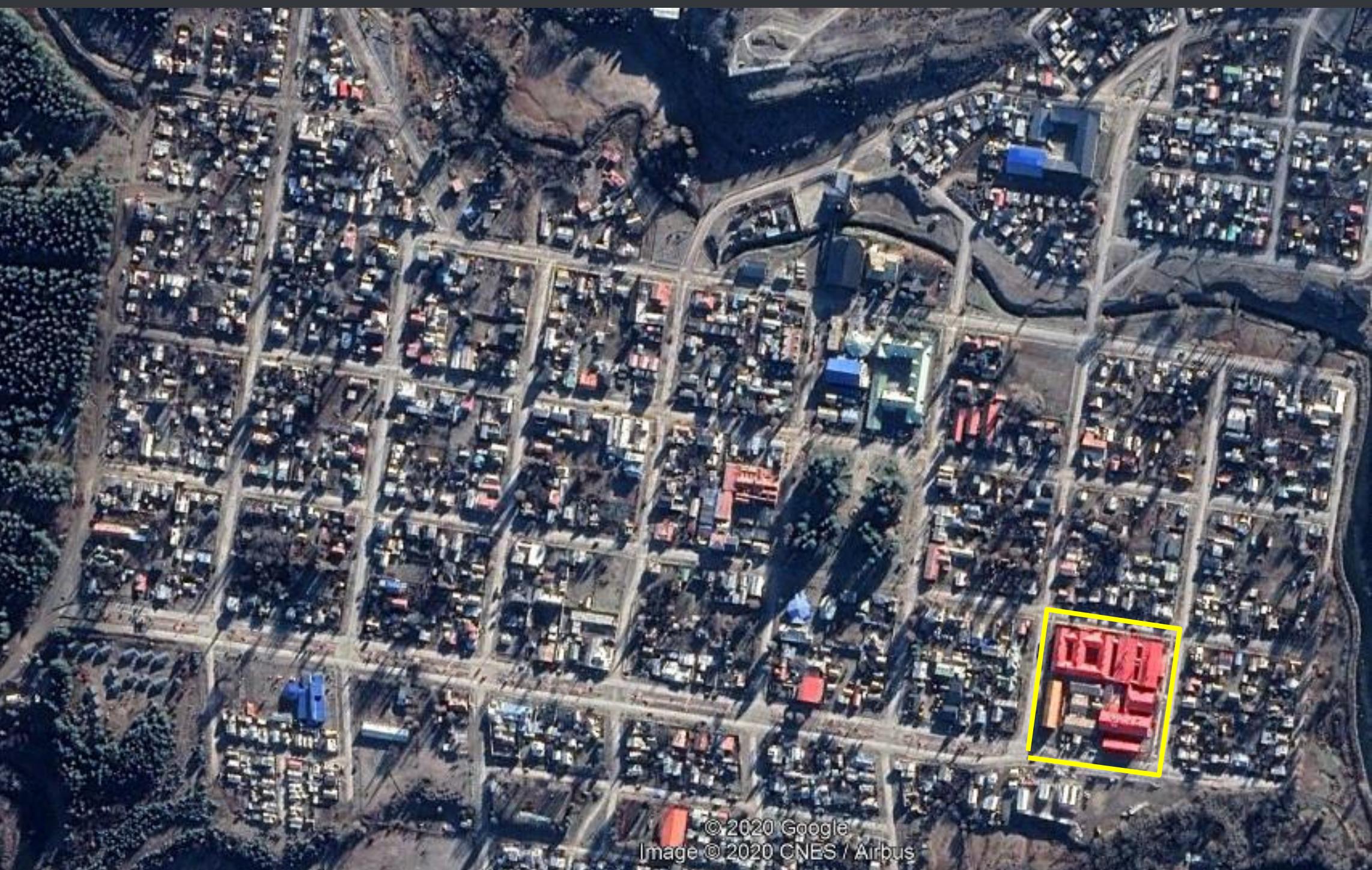
- **HOSPITAL REGIONAL DE COYHAIQUE –** Implementación COGENERACIÓN año 2014 en hospital existente





# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

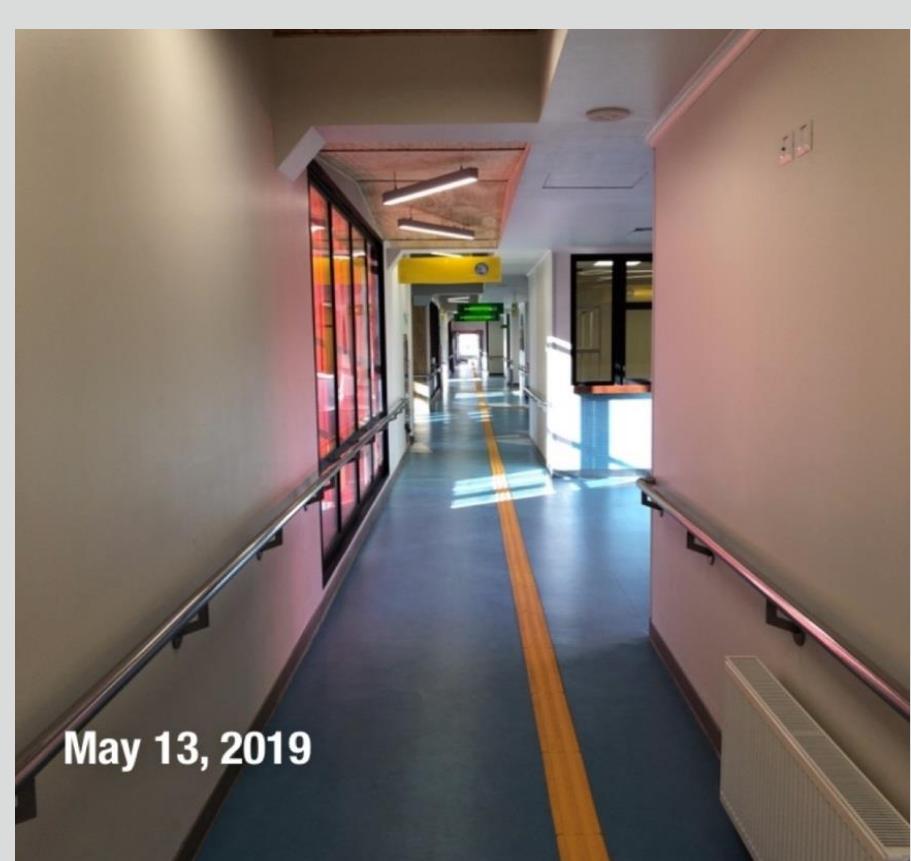
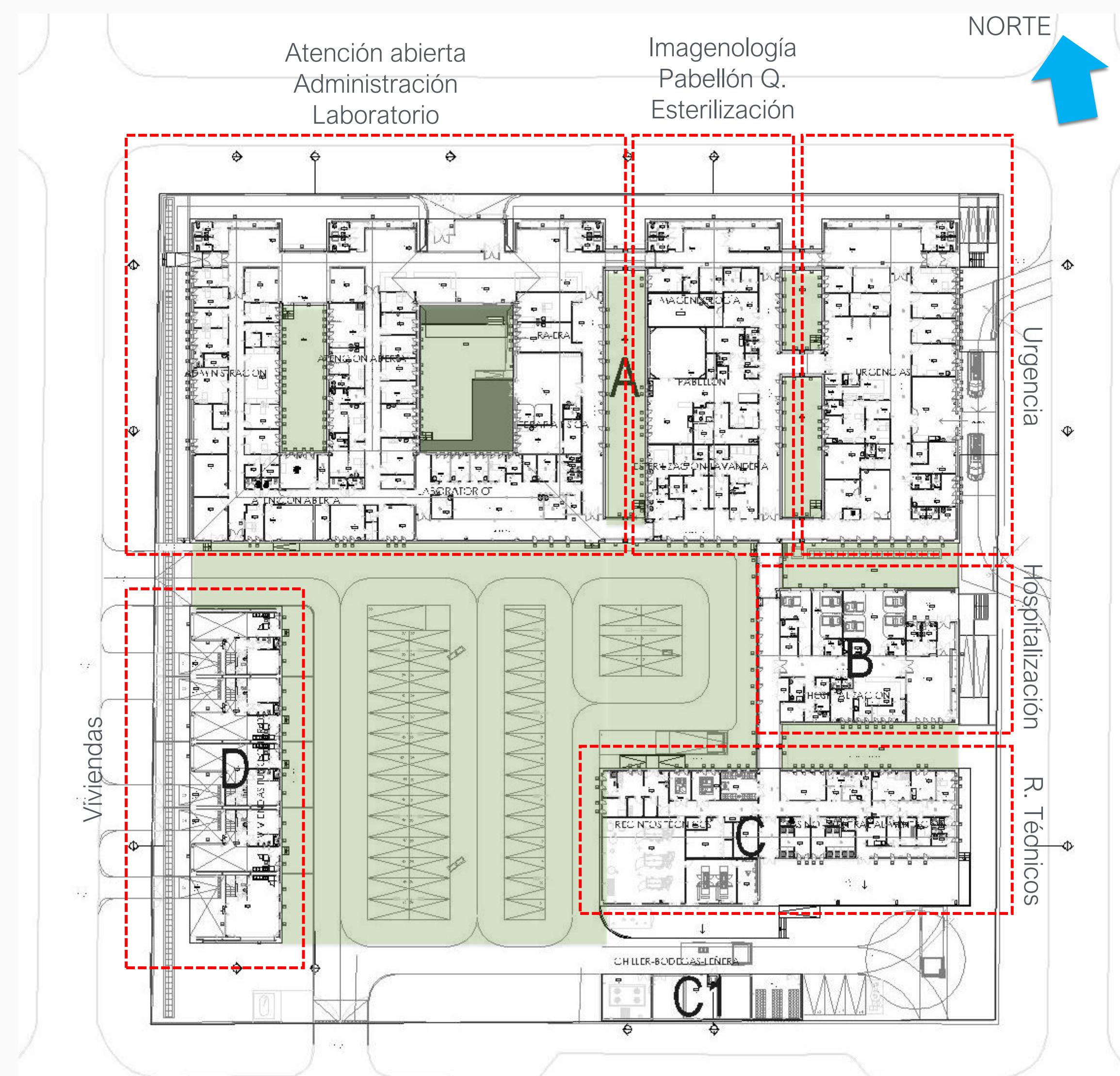
- Unidad Técnica Servicio de Salud de Aysén
- Diseño 2015
- Término de construcción 2020
- Diseño arquitectura: South West Arquitectura
- Asesor Eficiencia Energética: Ing. Rodrigo Escobar
- Hospital de Baja Complejidad
- Superficie: 4600 m<sup>2</sup>
- 7 camas básicas



COCHRANE

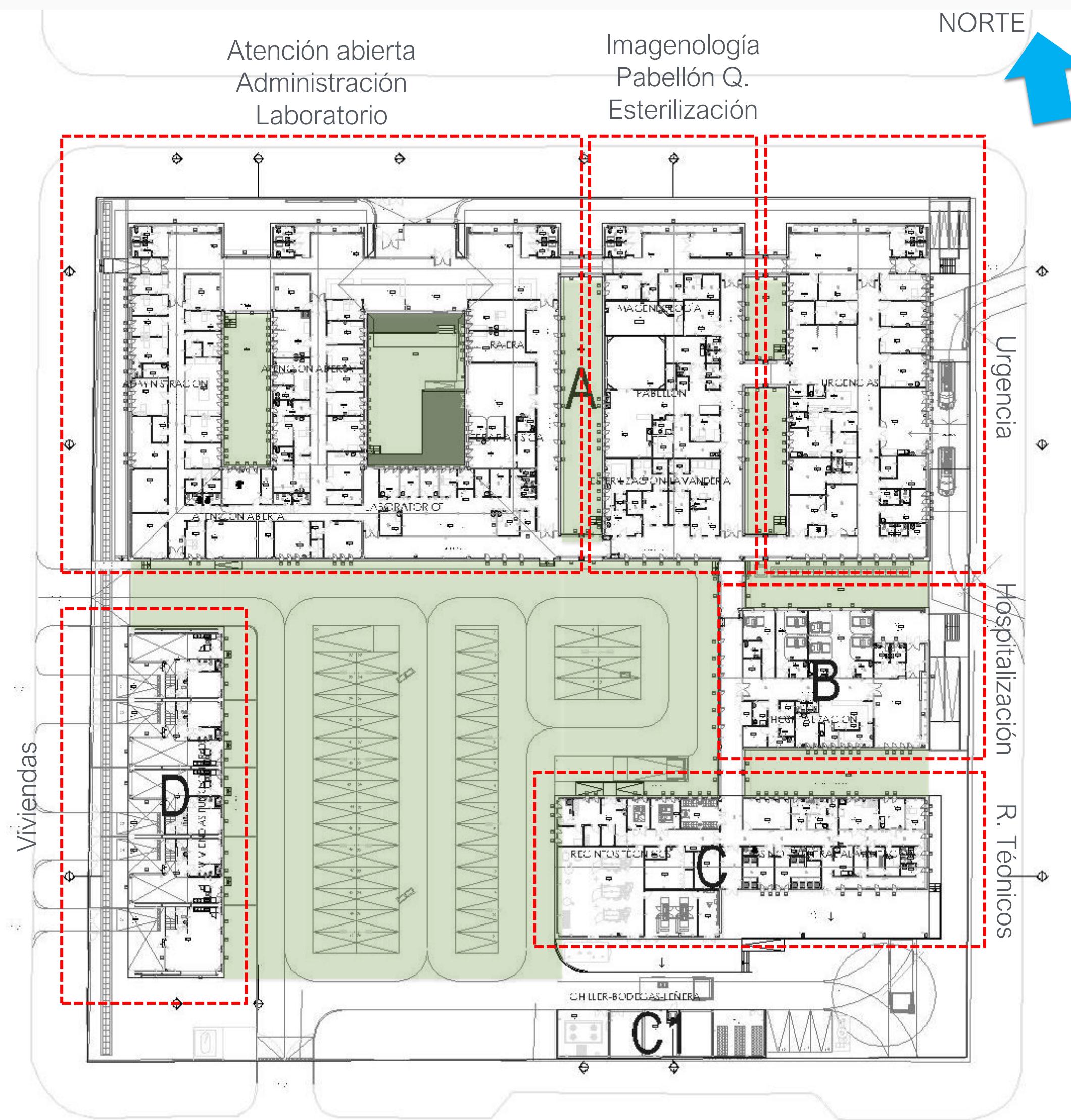


# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE



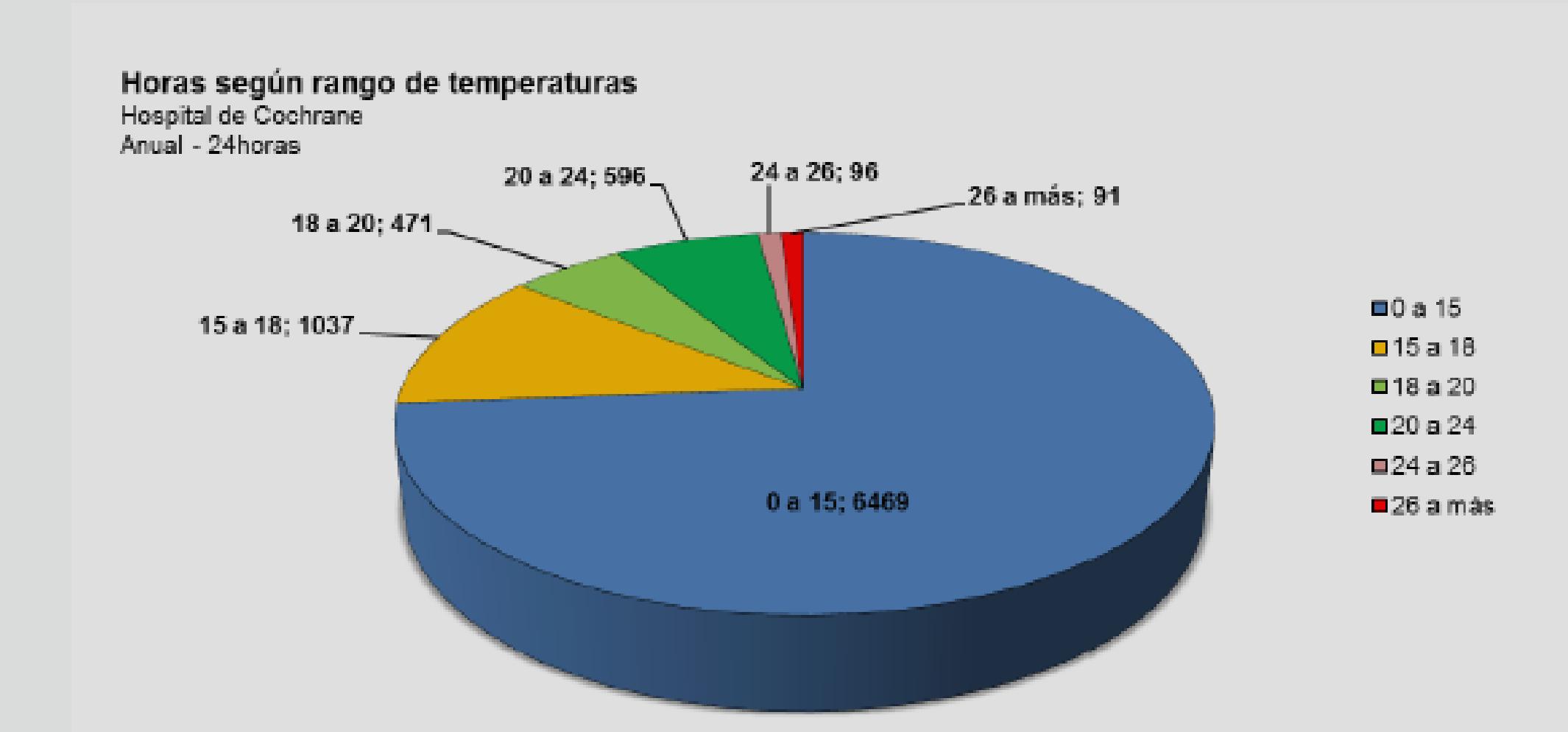
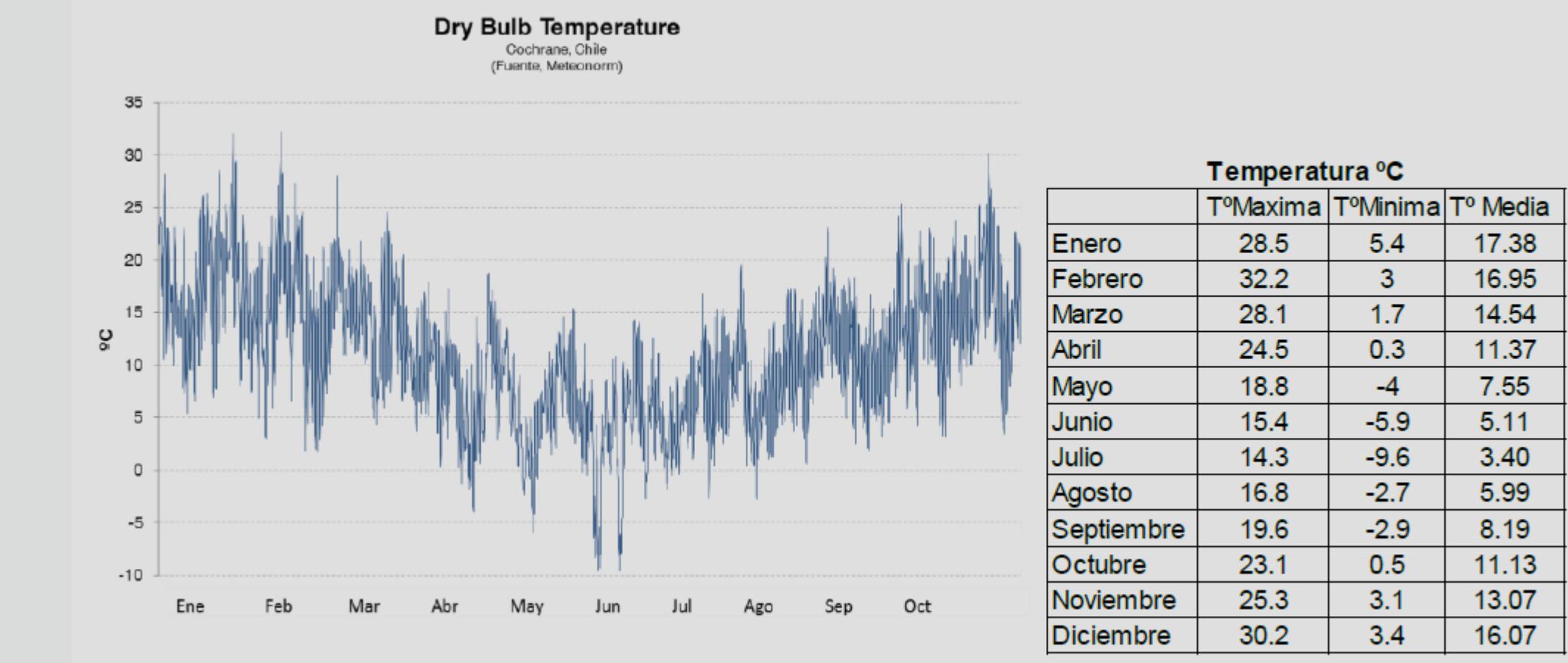


# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE



## CLIMA

- Baja radiación solar especialmente en invierno
- Temperaturas, 91% de las horas anuales bajo los 20° C



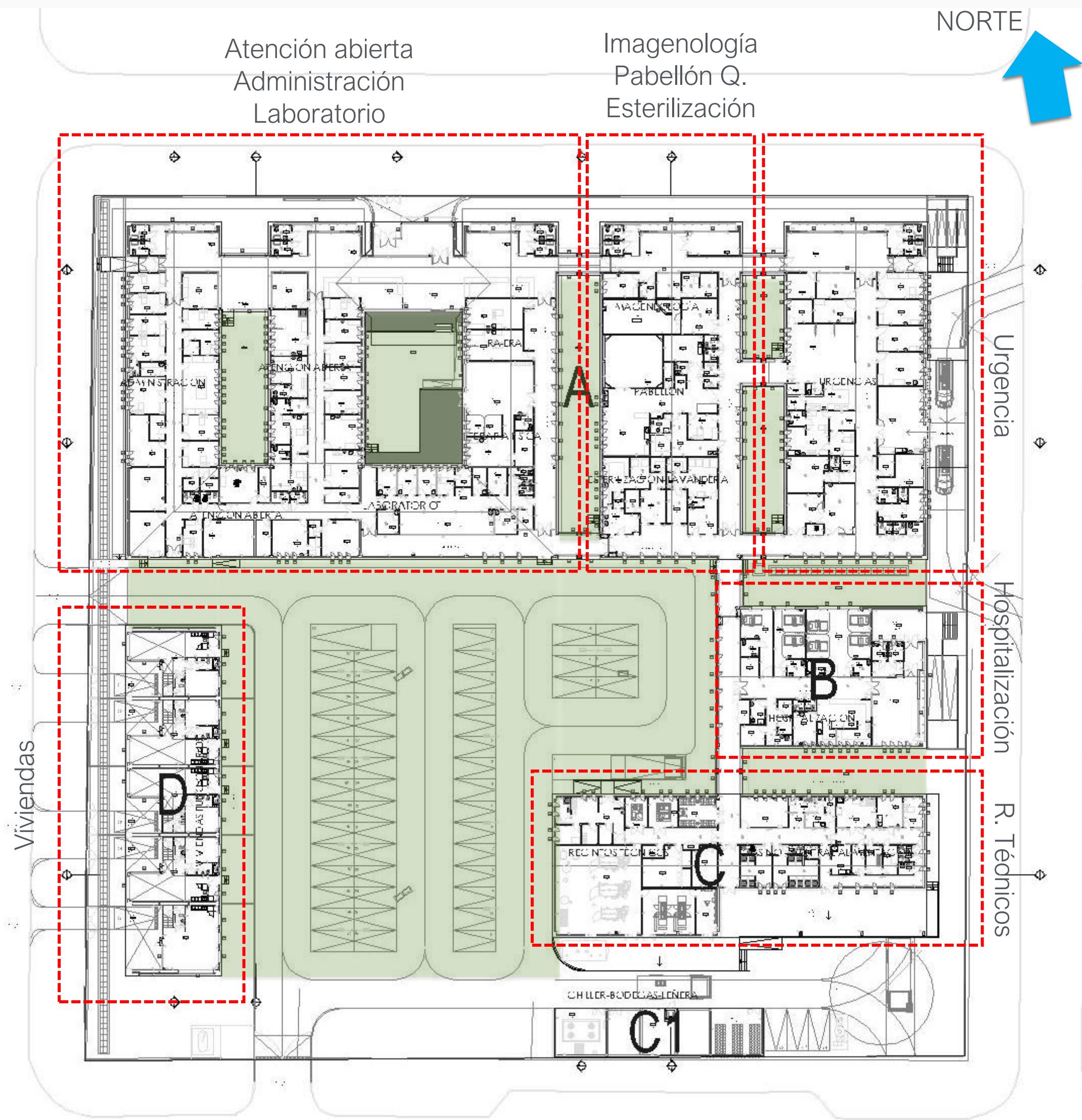


# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

Atención abierta  
Administración  
Laboratorio

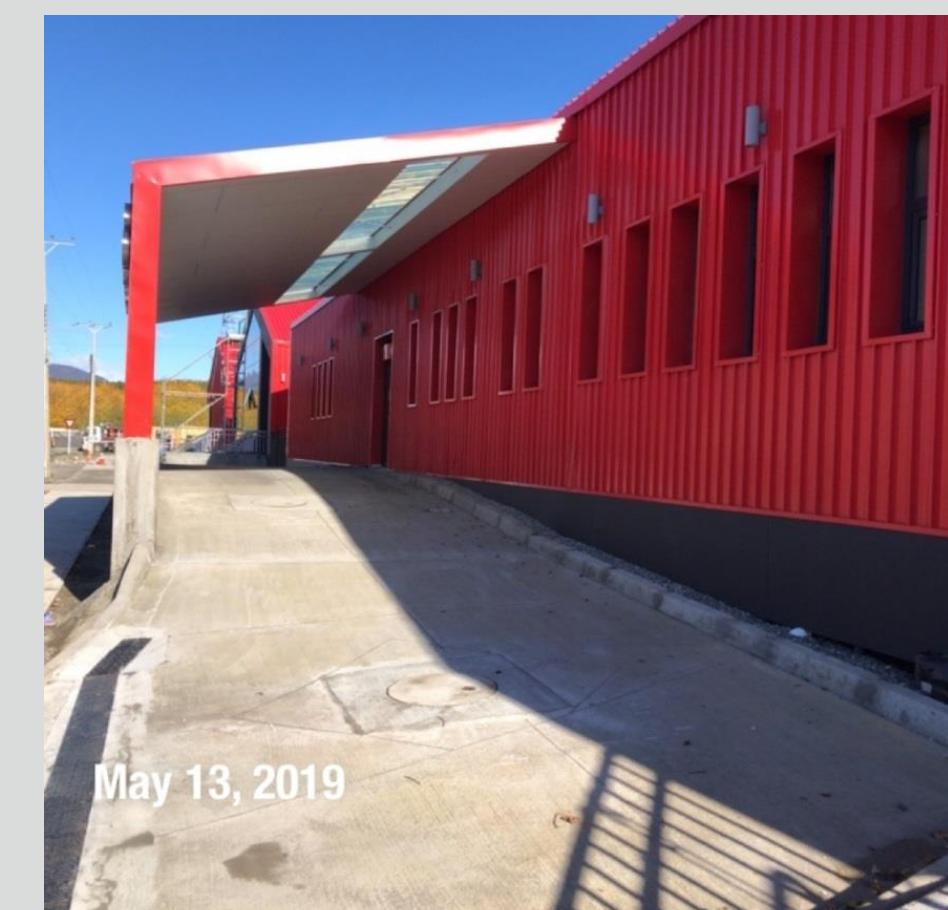
Imagenología  
Pabellón Q.  
Esterilización

NORTE



## VOLUMETRÍA Y ARQUITECTURA

- Configuración de patios – Asoleamiento y luz natural
- Ventanas bajo 30% de superficie respecto a muros
- Orientación hacia el norte de esperas y hospitalización
- Muros trombe



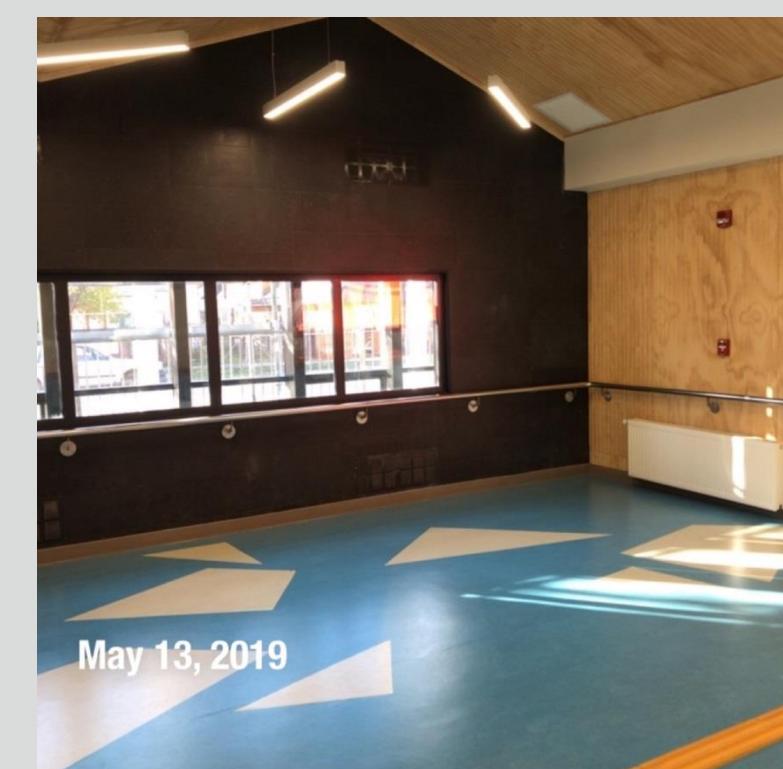
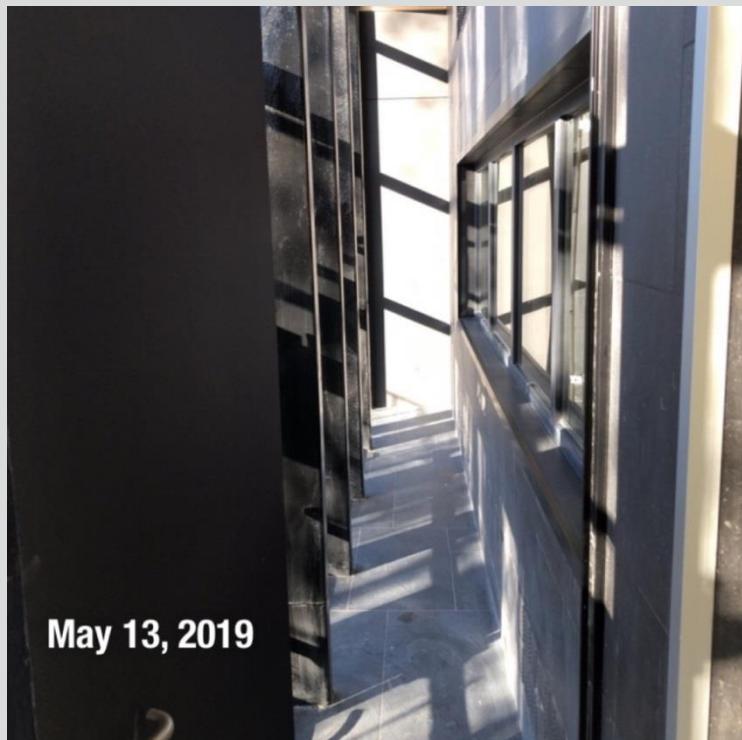
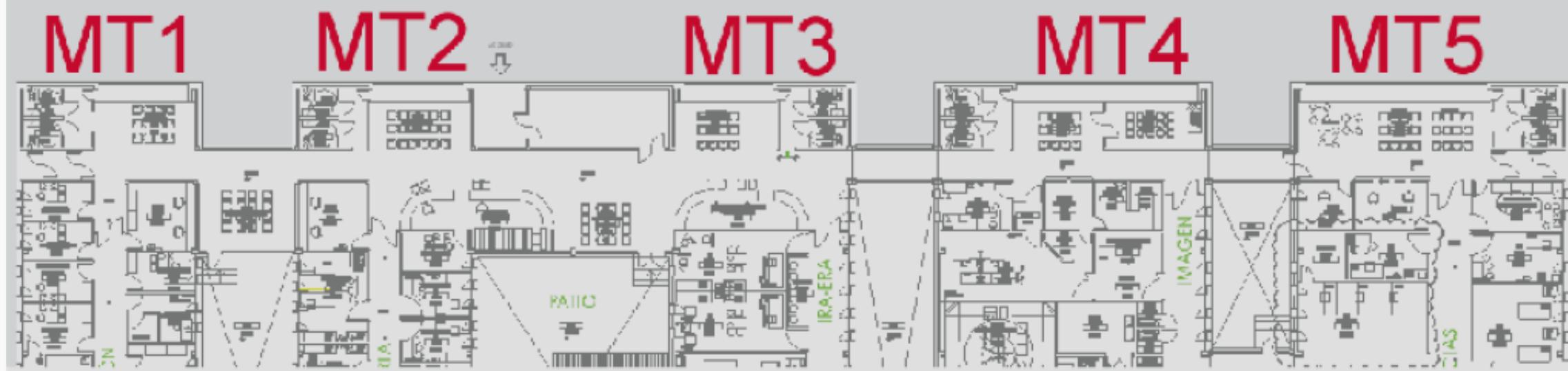
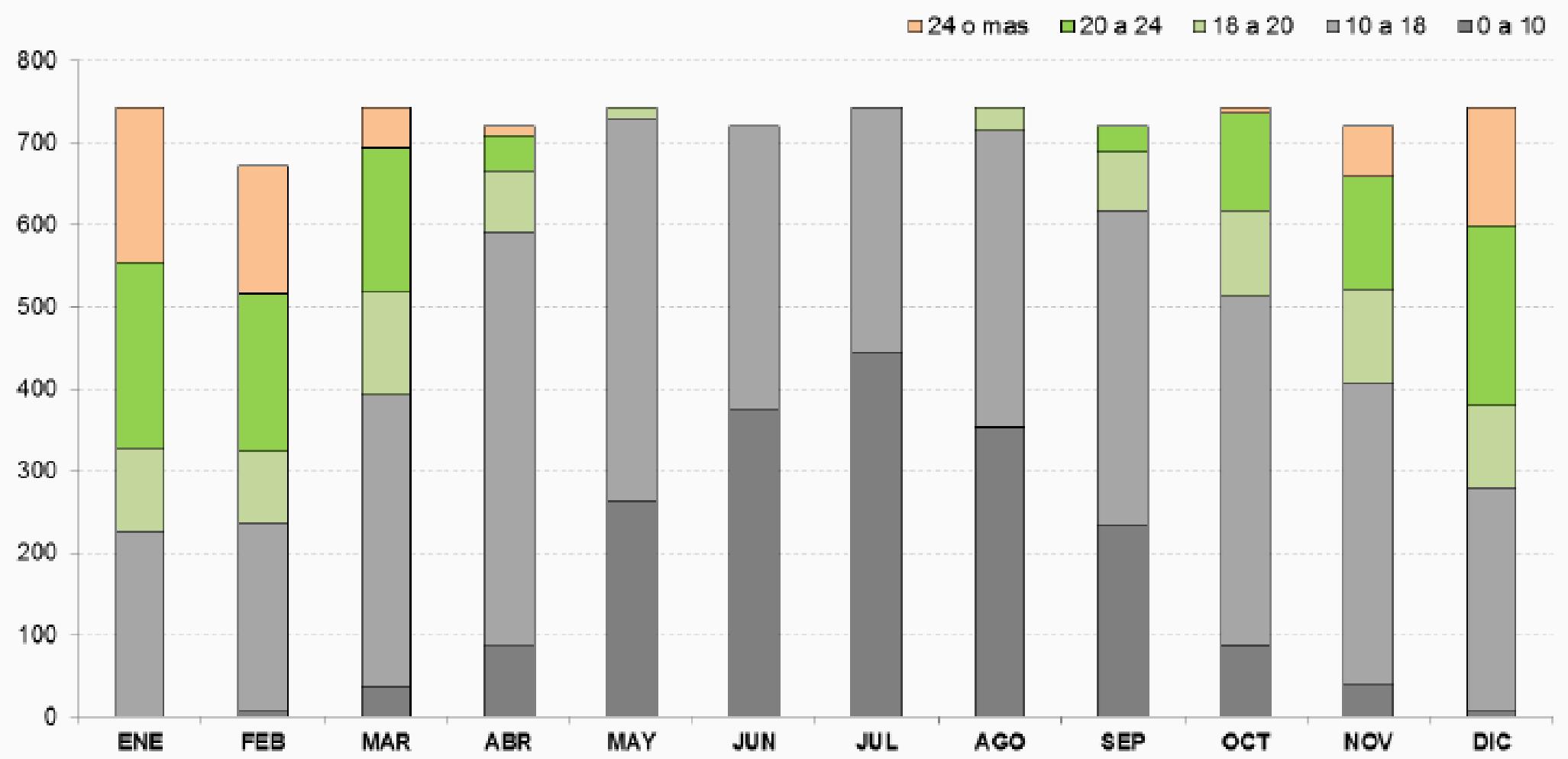


# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

## MURO TROMBE

- Áreas de espera
- Sistema pasivo de recolección energía solar
- Transmisión del calor por convección o termocirculación
- Calendario de uso

Horas Según Temperatura Cámara de Aire Muro Trombe  
Hospital de Cochrane

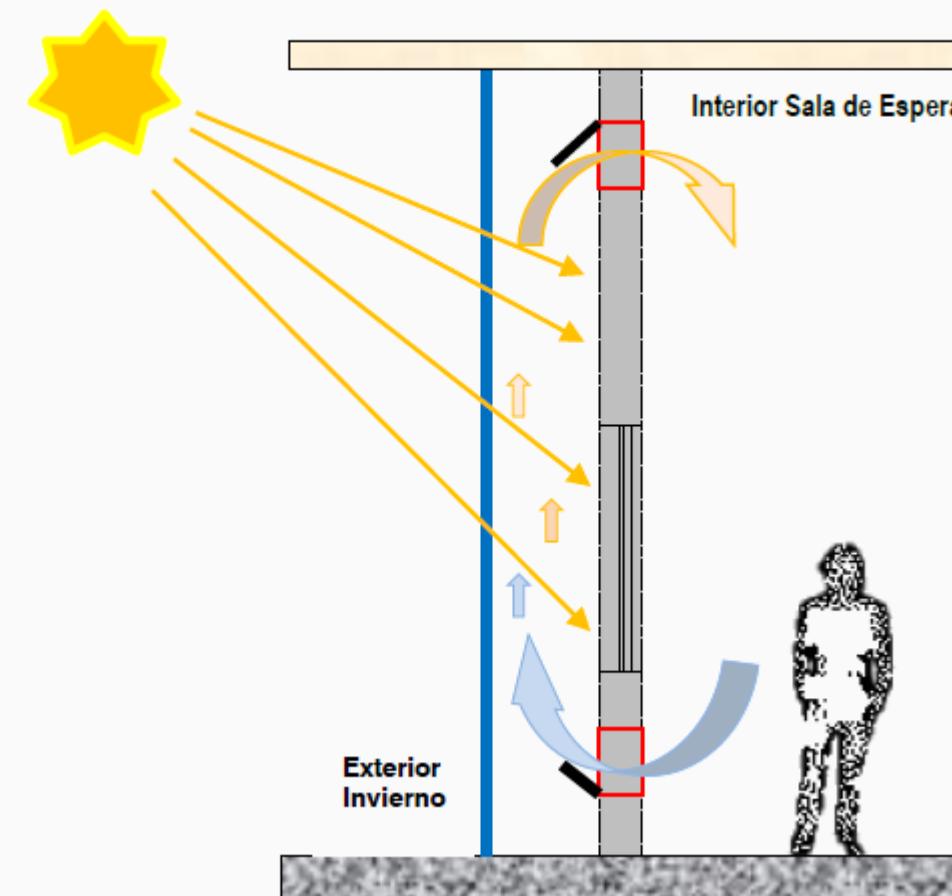




# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

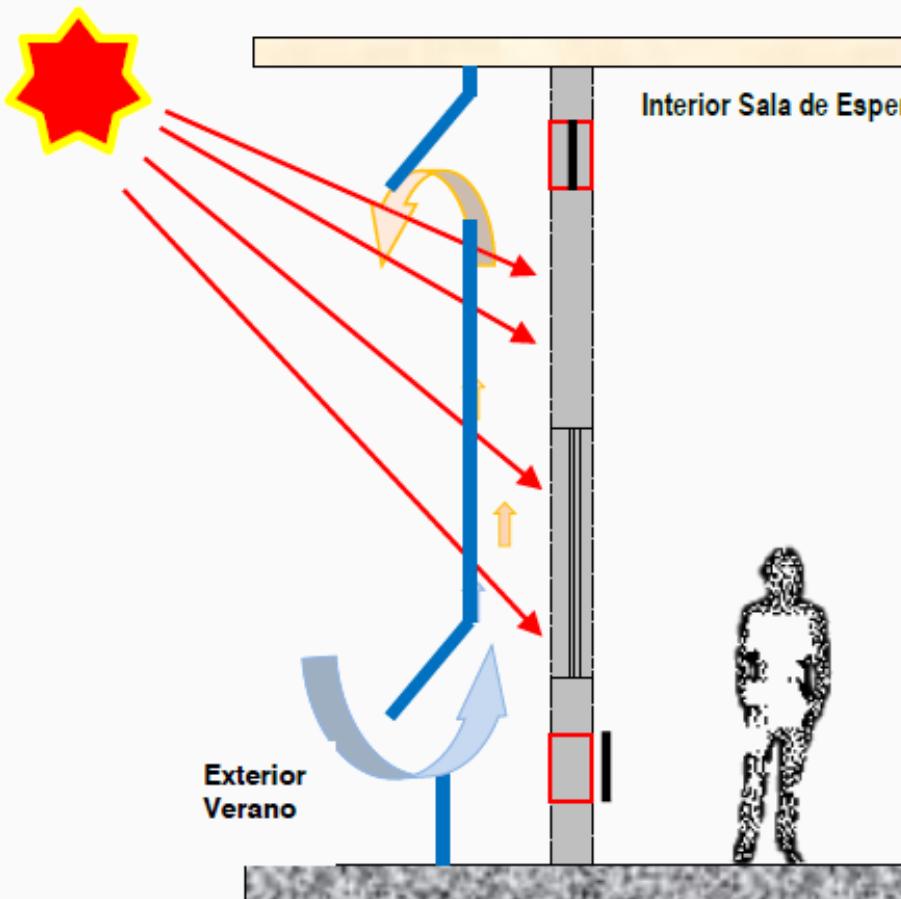
## MURO TROMBE

### 3.4.1 Propuesta Utilización de Muro Trombe

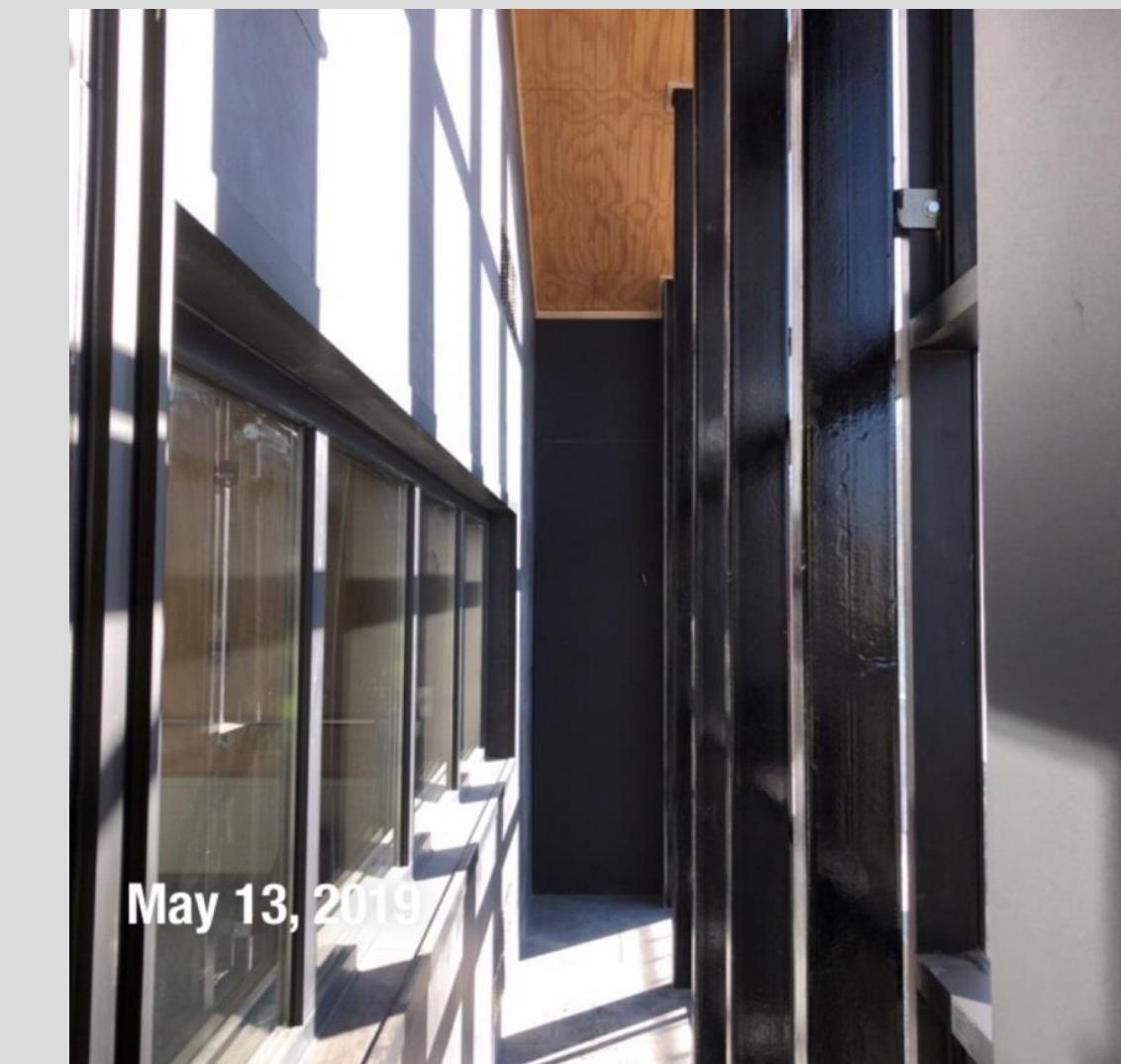
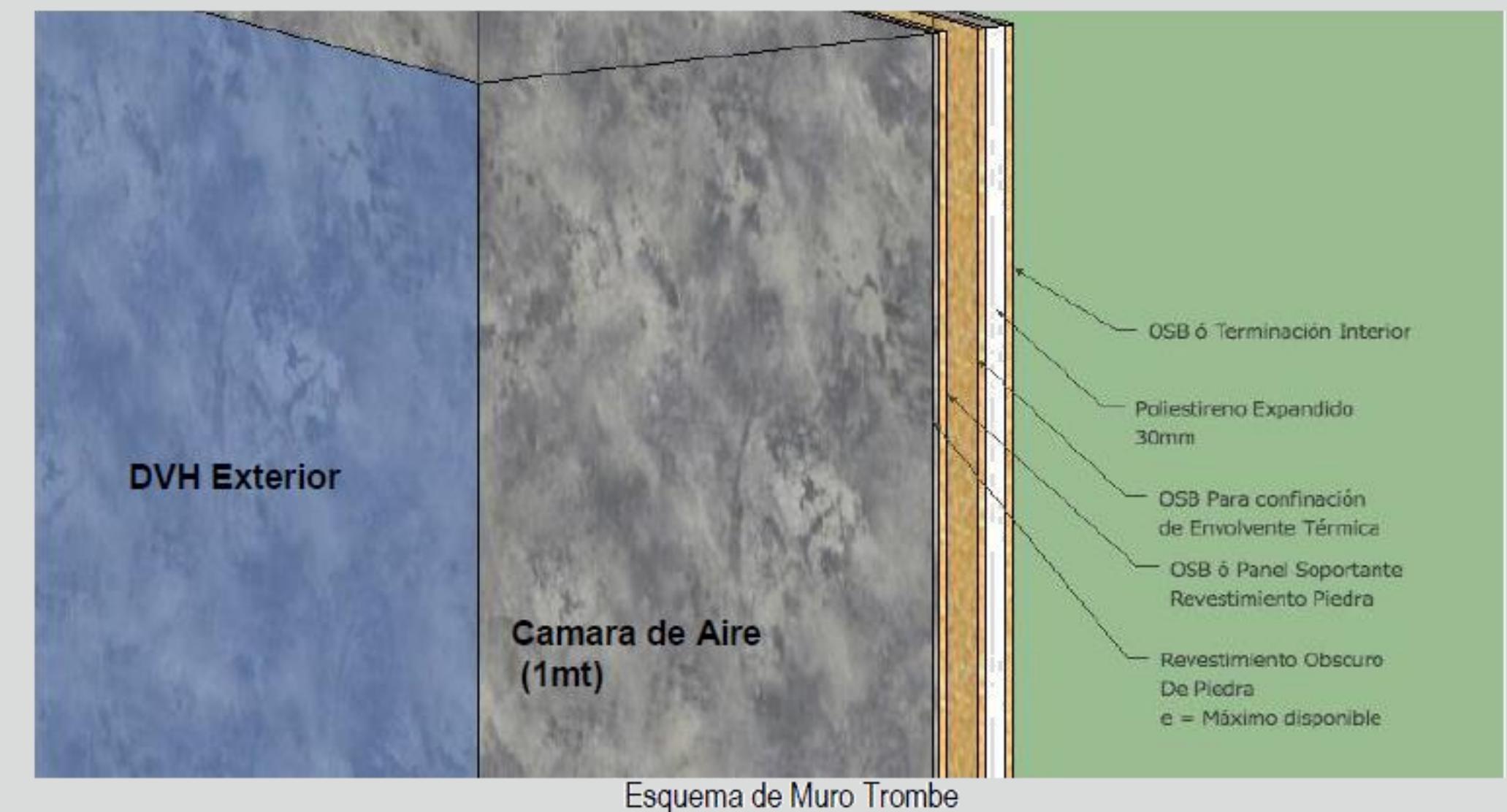


January	February	March				
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4			
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	
April	May	June				
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5		
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			
July	August	September				
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5		
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
October	November	December				
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

### 3.4.2 Propuesta Verano (Ventilación)



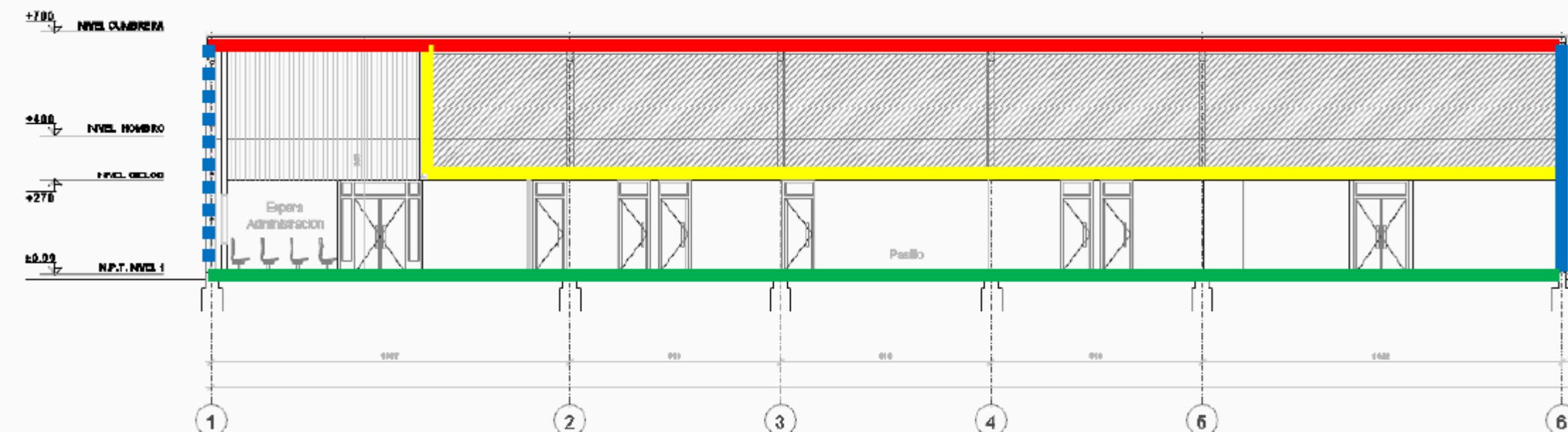
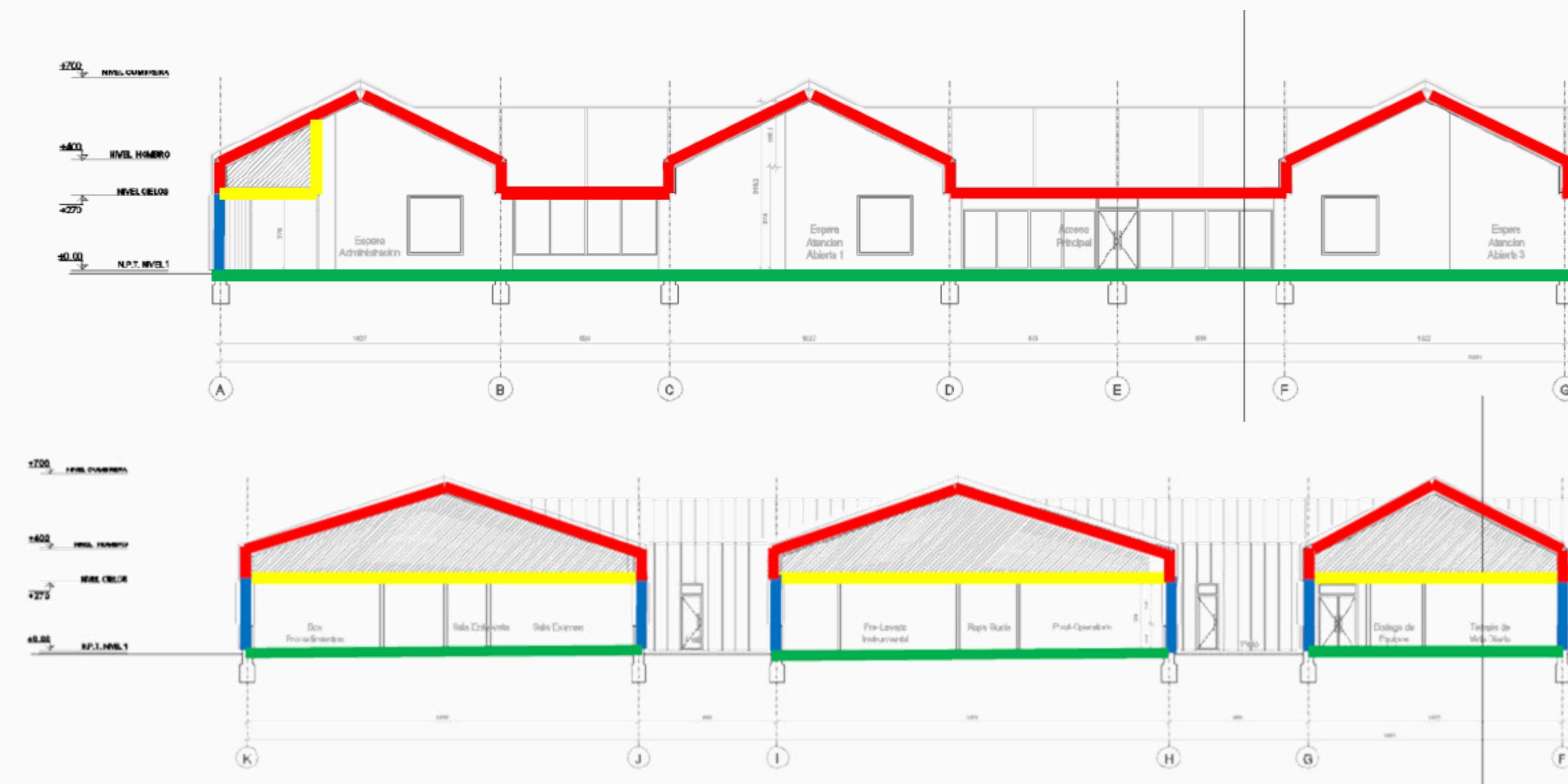
## ESQUEMA





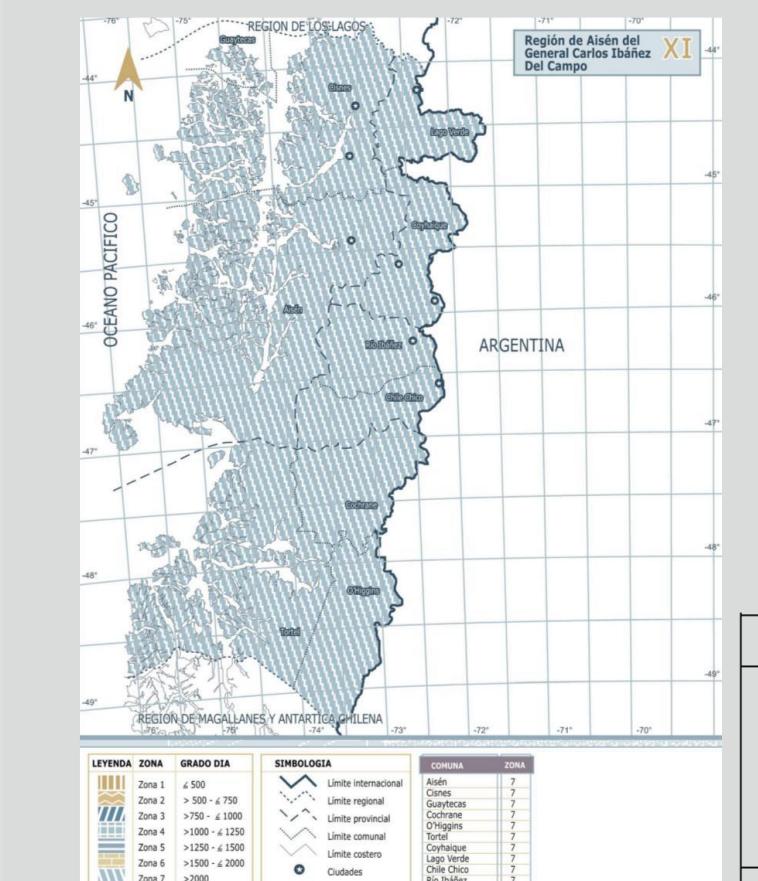
# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

## ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA



	Aislación Bajo Radier (Poliestireno expandido)
	Aislación en cubiertas
	Aislación en cielos falsos (lana mineral – Cielo Acústico)
	Aislación en muros (Poliestireno expandido)
	Muro Trombe

- Optimización de la aislación respecto a Reglamentación térmica de viviendas OGUC Art.4.1.10
- Poliestireno expandido, densidades diferenciadas
- Ventanas termopanel con marco de PVC



Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]
7	0.25	4.00	0.6	1.67	0.32	3.13

Ventanas	Zona	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
			3.6 W/m²K $\geq U > 2.4$ W/m²k (a)	U $\leq 2.4$ W/m²k (b)
	7	12%	28%	37%

## Densidades del PE

50 kg/m³. Se considera cuando es horizontal y va bajo losa o radier aislado en contacto con el terreno y como aislación en fundaciones.

30 kg/m³: Cuando es horizontal y por sobre el material es factible tránsito peatonal o vehicular. Retorno de alfeizar y de dintel de ventana de fachada.

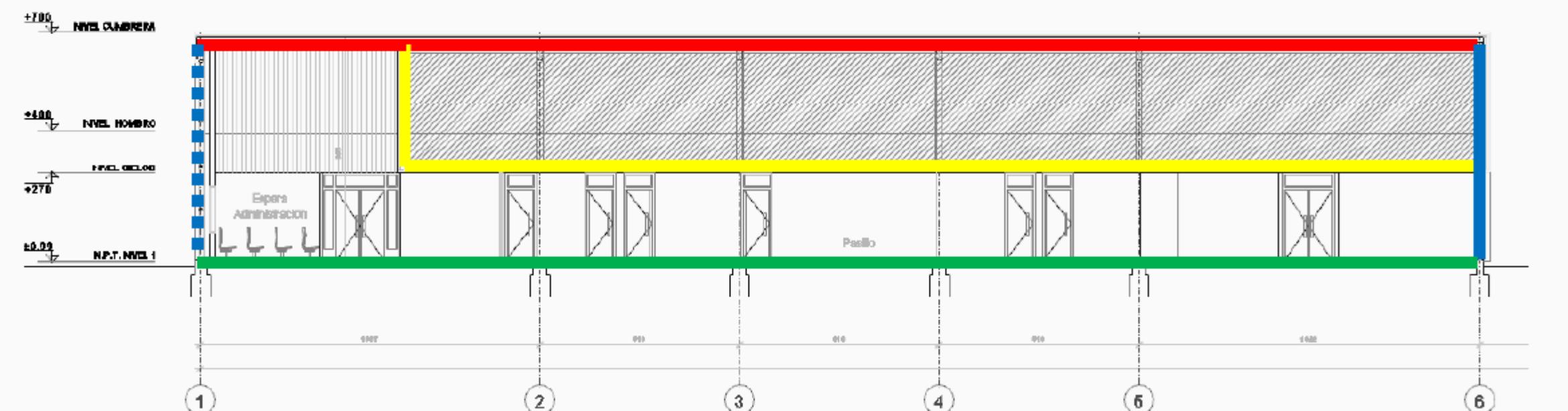
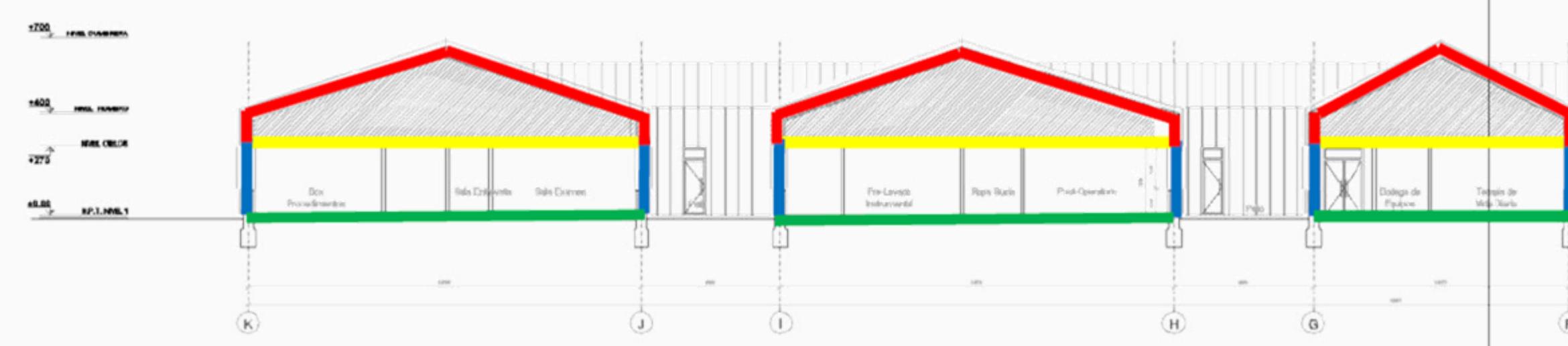
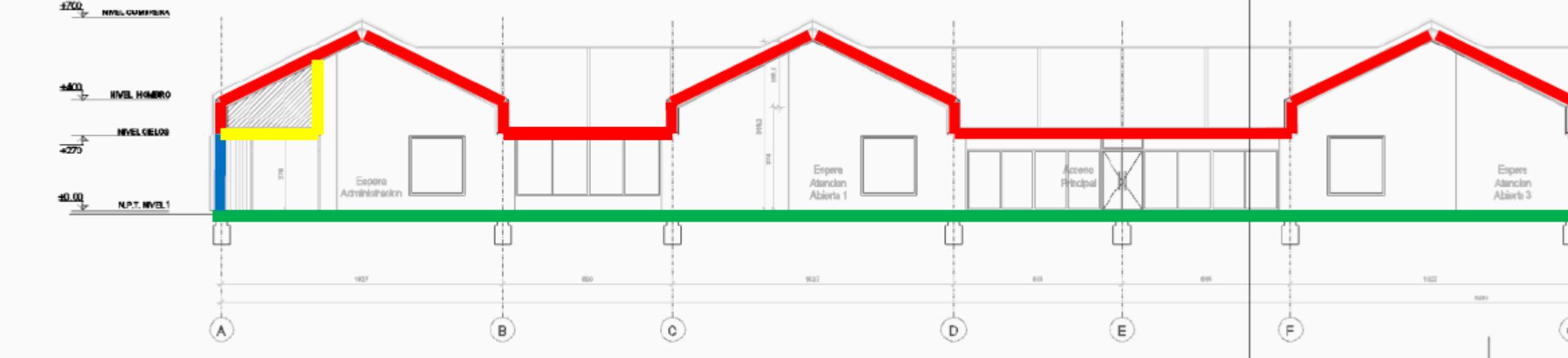
20 kg/m³: Cuando es parte de la solución EIFS y está bajo los dos metros de altura. Generalmente va acompañada de malla de alto impacto según sistema.

15 kg/m³: Sobre los dos metros de altura en los paramentos verticales EIFS, bajo losa en cielo de estacionamientos



# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

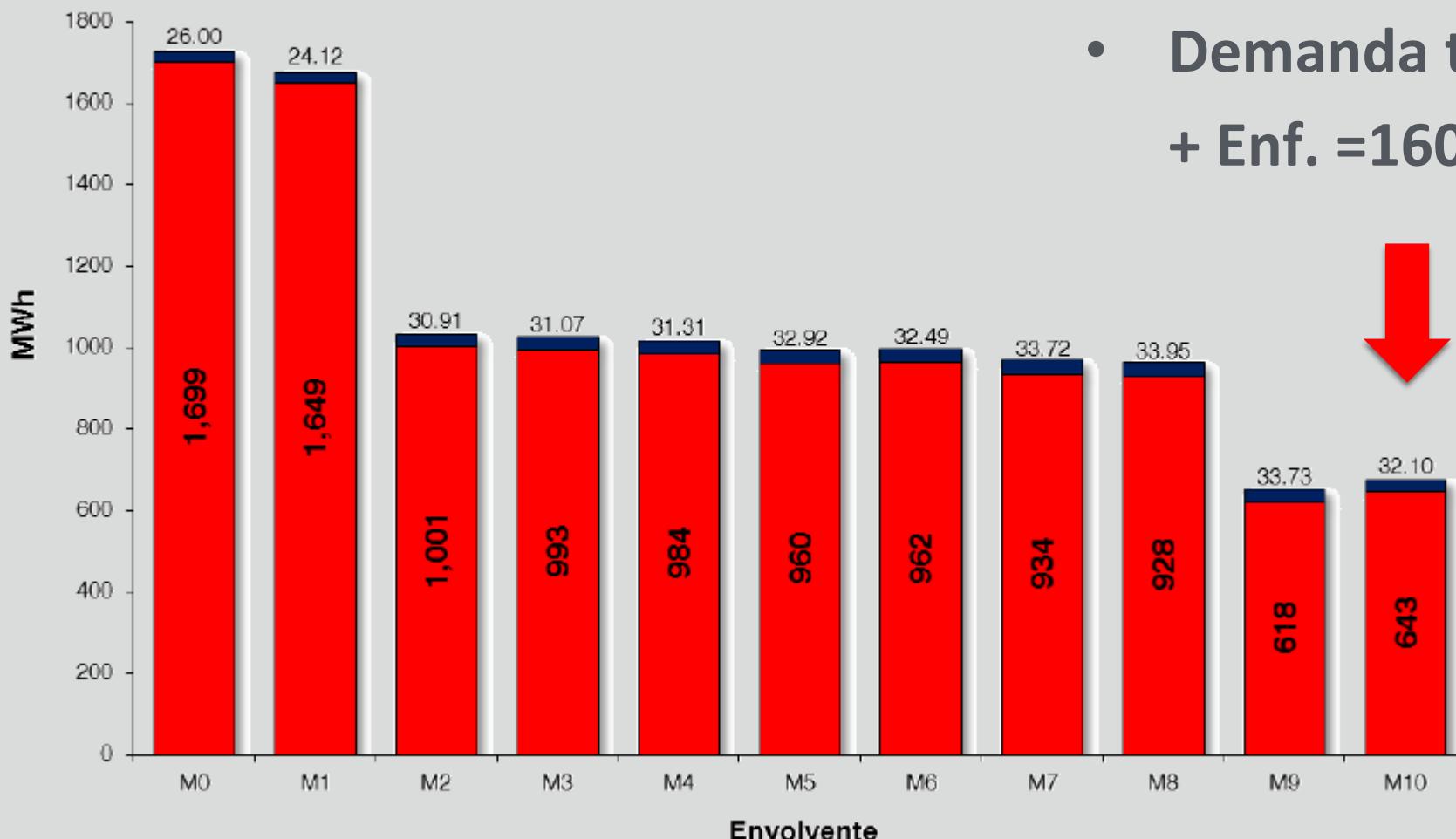
## ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA



	Aislación Bajo Radier (Poliestireno expandido)
	Aislación en cubiertas
	Aislación en cielos falsos (lana mineral – Cielo Acústico)
	Aislación en muros (Poliestireno expandido)
	Muro Trombe

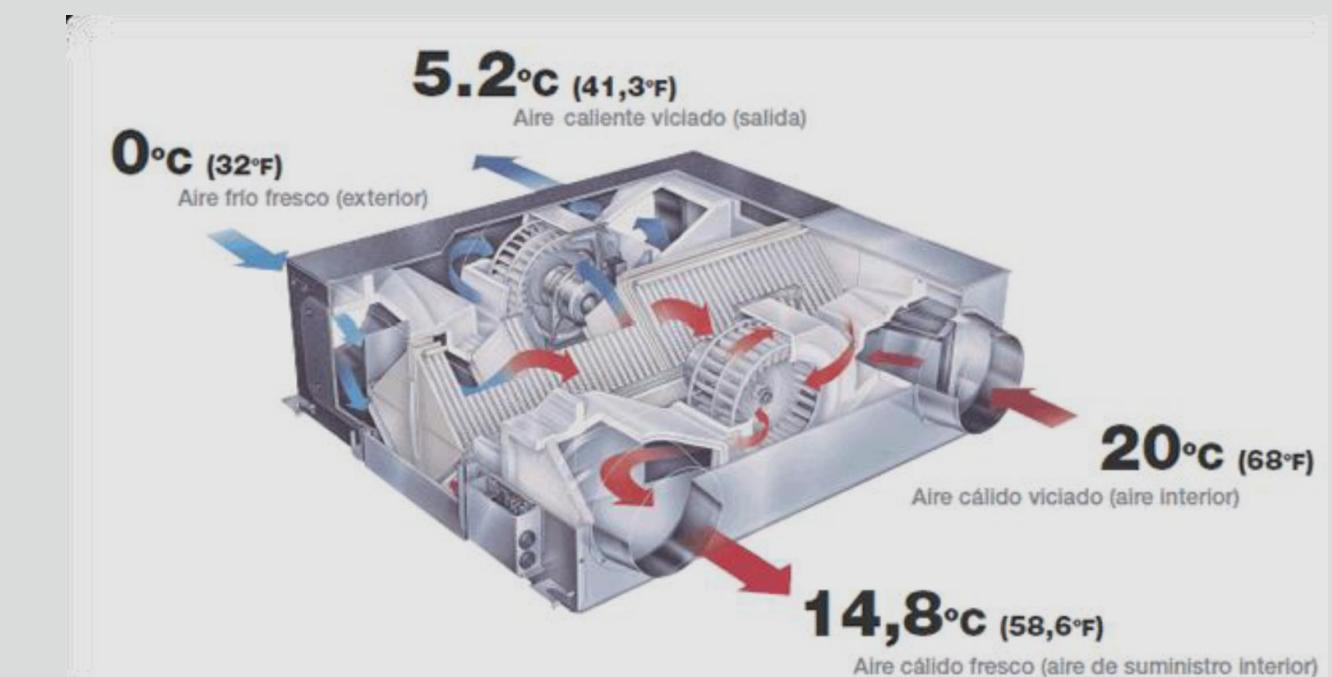
## Optimización Energética de Envoltorio

Demanda Energía Anual  
Hospital de Cochrane



- Demanda total Calef + Enf. = 160 kWh/m<sup>2</sup>

	Cubierta [mm]	Muro [mm]	Losa/Vent [mm]	Radier	Vidrio	Temp °C	Recup. de Calor [%]
M0	0	0	0	0	Simple	Perfil	0%
M1/Acus	0	0	0	0	DVH	Perfil	0%
M2 - U.Base	EPS130	ES80	EPS120	EPS50	DVH	Perfil	0%
M3	EPS150	ES80	EPS120	EPS50	DVH	Perfil	0%
M4	EPS150	ES100	EPS120	EPS50	DVH	Perfil	0%
M5	EPS150	ES100	EPS120	EPS80	DVH	Perfil	0%
M6	EPS150	ES100	EPS120	EPS80	DVH	Perfil	0%
M7	EPS200	ES120	EPS150	EPS100	DVH	Perfil	0%
M8	EPS200	ES150	EPS150	EPS100	DVH	Perfil	0%
M9	EPS200	ES150	EPS150	EPS100	DVH	Perfil	40%
M10	EPS150	ES100	EPS120	EPS80	DVH	Perfil	40%

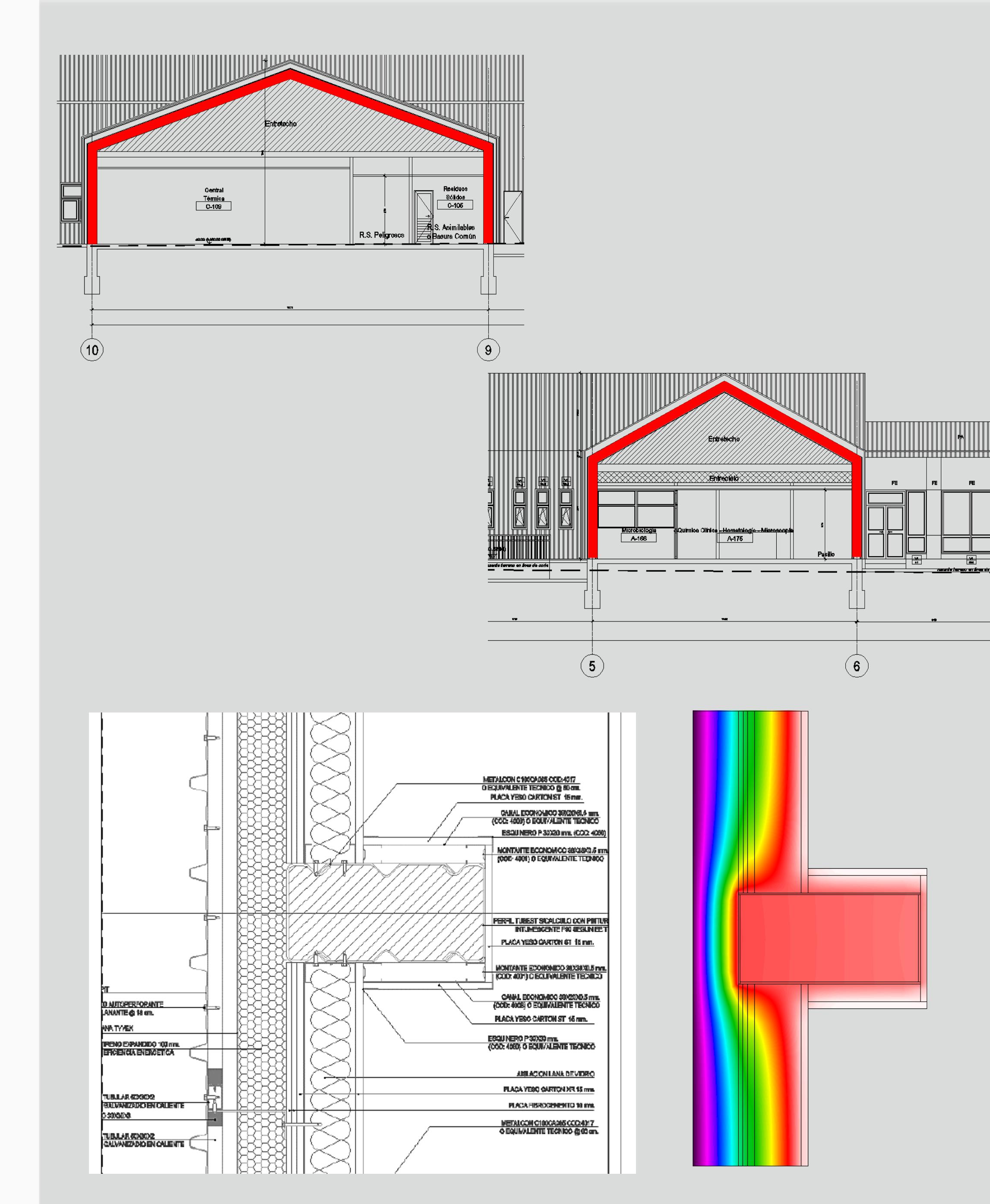
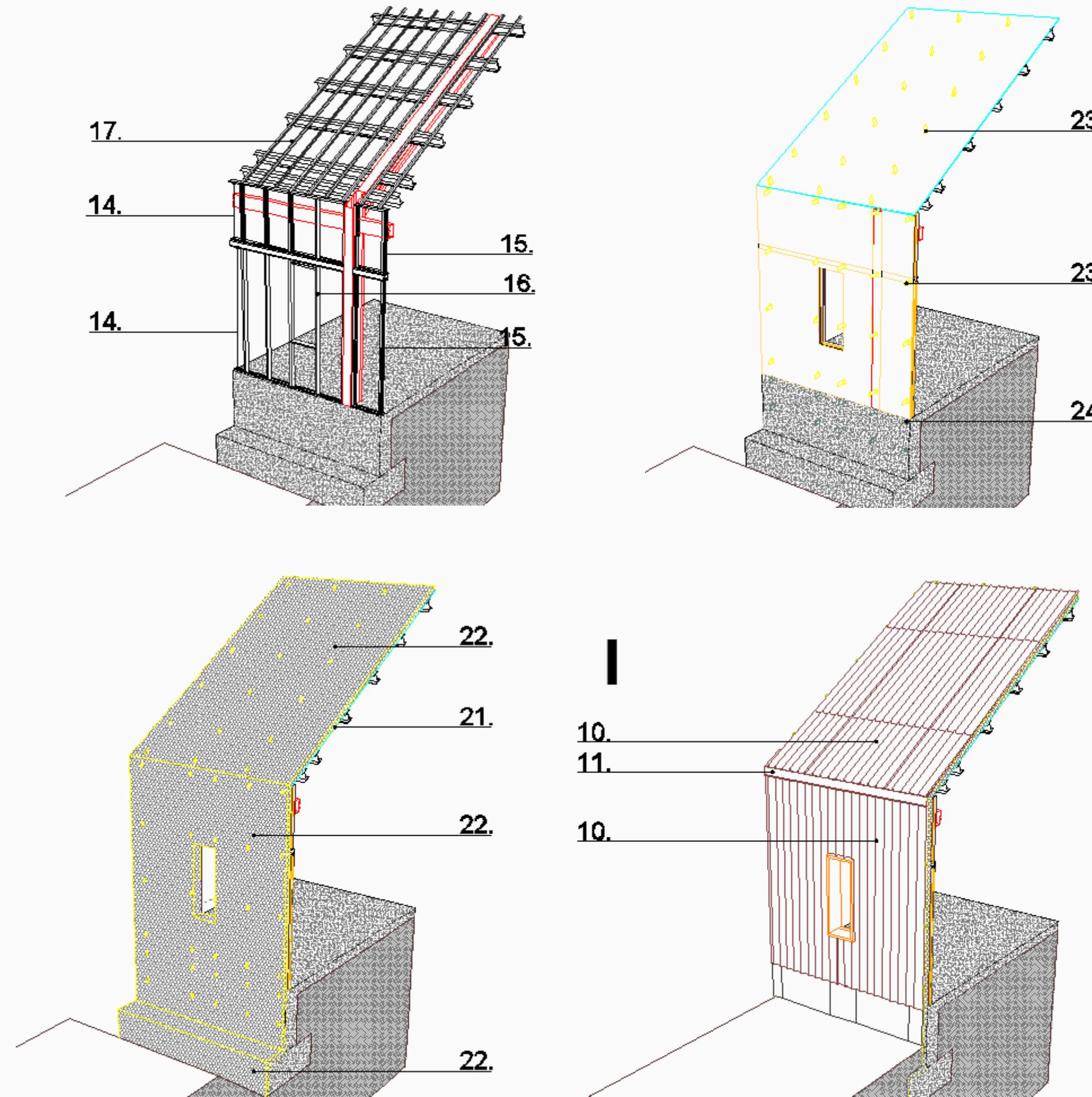




# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

## ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA

- Aislación Continua – Ruptura de puentes térmicos





# REPOSICIÓN DE HOSPITAL DE COCHRANE

## SISTEMAS ACTIVOS

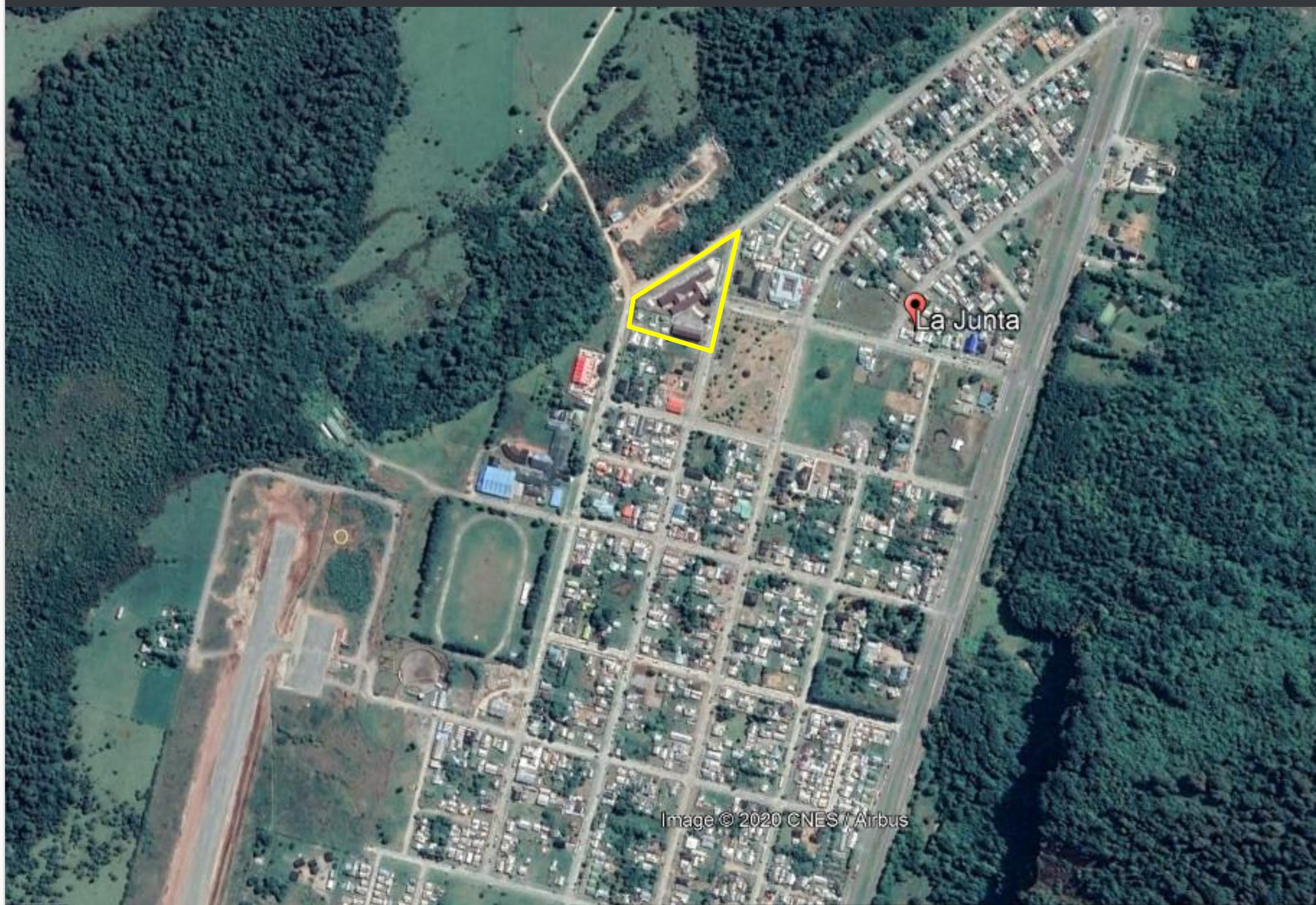
- Iluminación con luminarias fluorescentes y LED en exteriores
- Ventilación mecánica mediante UMAS con recuperación de calor
- Calefacción con caldera a biomasa de alto rendimiento al 94%
- Enfriamiento eléctrico mediante chiller para meses de verano





## CESFAM LA JUNTA

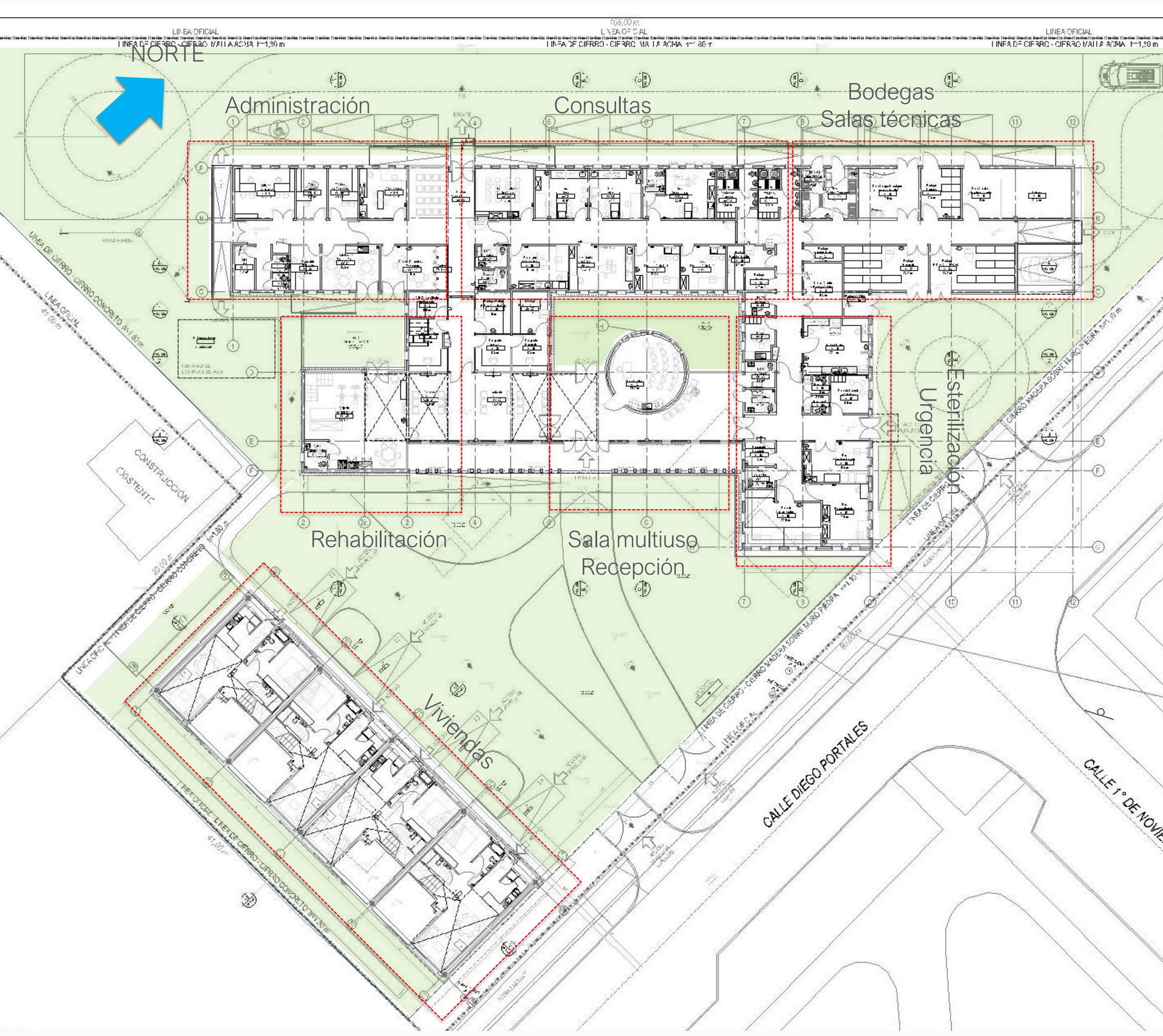
- Unidad Técnica Servicio de Salud de Aysén
- Diseño 2015
- Término de construcción 2018
- Diseño arquitectura: South West Arquitectura
- Asesor Eficiencia Energética: Serrago Consultores
- Centro de Salud Familiar – Atención Primaria
- Superficie: 1.650 m<sup>2</sup>



LA JUNTA – LOS CISNES



# CESFAM LA JUNTA



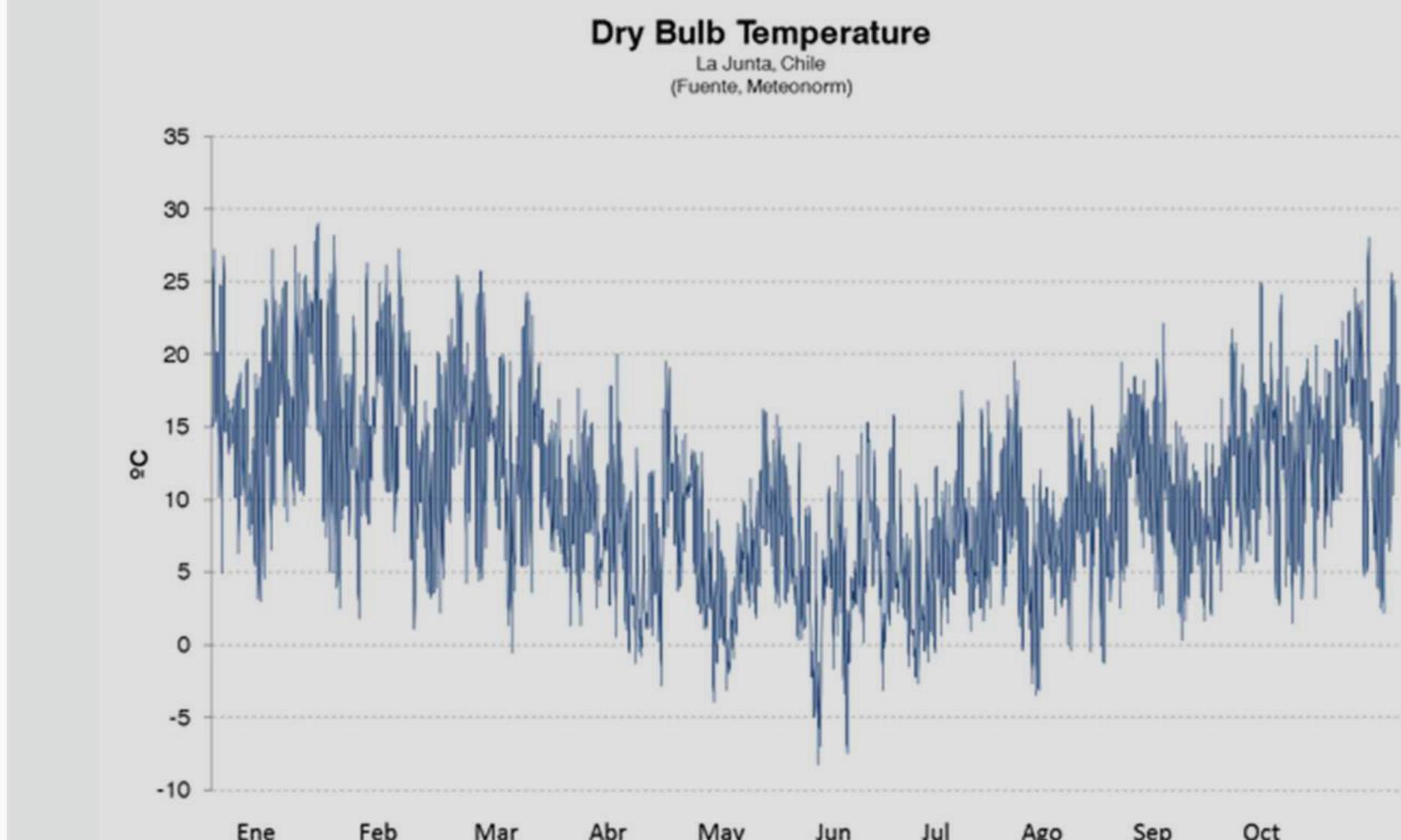


# CESFAM LA JUNTA



## CLIMA

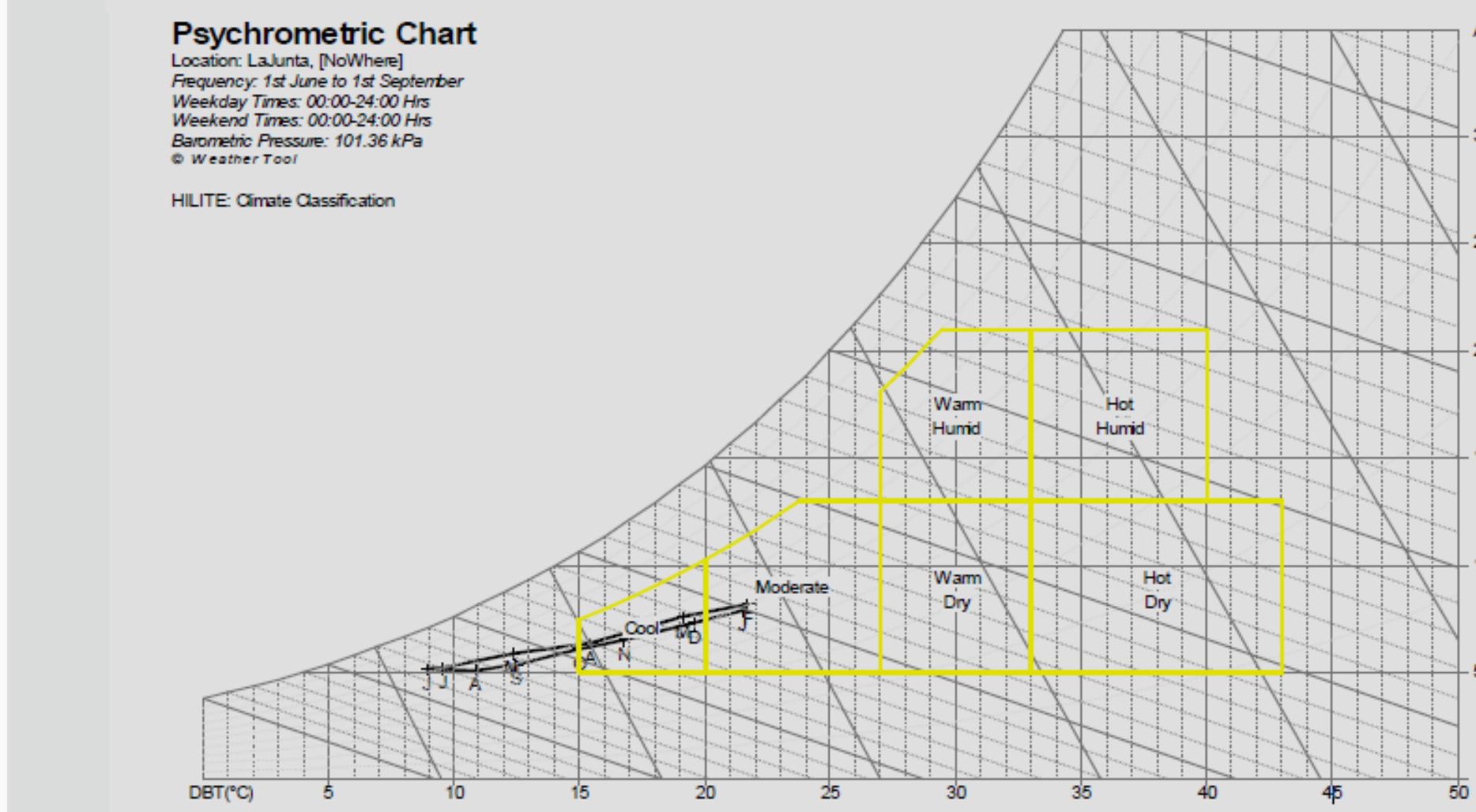
- Temperaturas frías a moderadas a lo largo del año
- Niveles de radiación bajos – no se recomienda protección solar



### Psychrometric Chart

Location: LaJunta, [NoWhere]  
Frequency: 1st June to 1st September  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

HILITE: Climate Classification

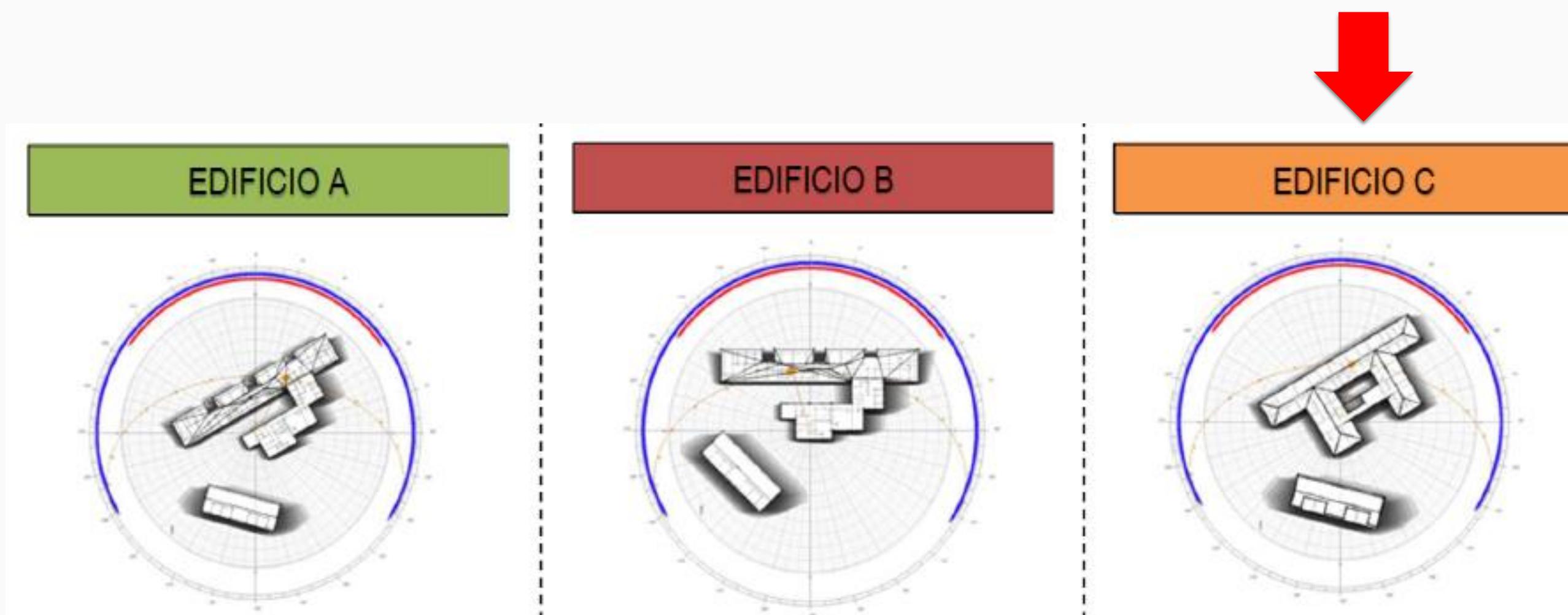




# CESFAM LA JUNTA

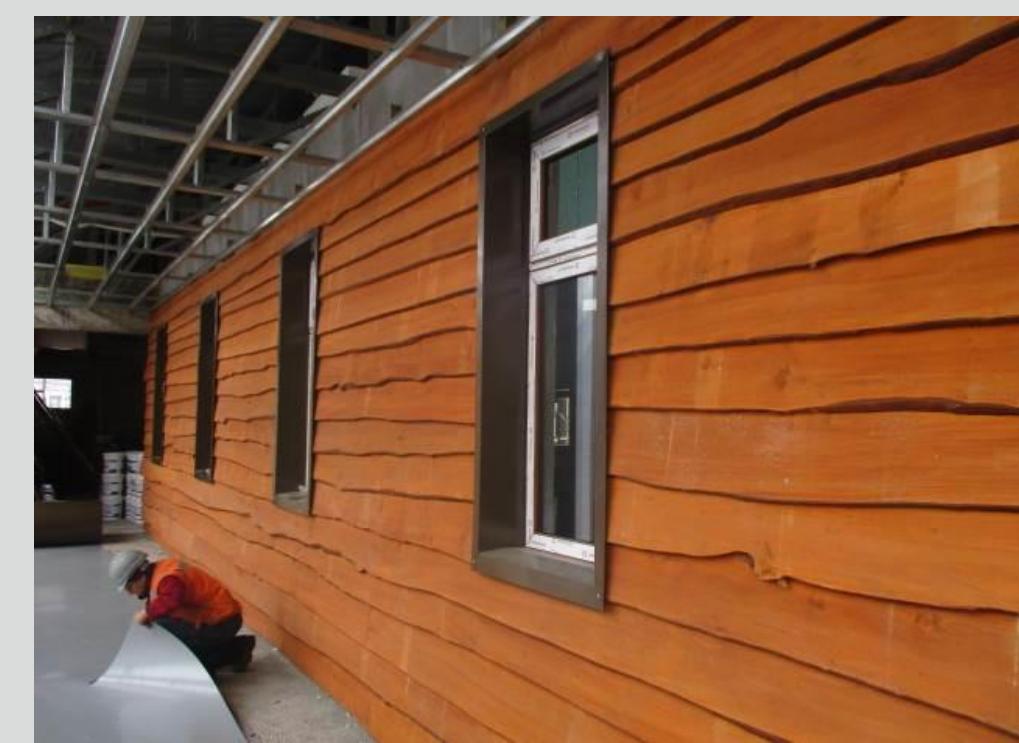
## VOLUMETRÍA Y ARQUITECTURA

- Configuración de patios – Asoleamiento y luz natural
- Ventanas bajo 30% de superficie respecto a muros
- Alta inercia térmica – Estructura hormigón armado
- Factor de forma edificio compacto
- Evaluación de demanda energética de partidos generales



	Edificio A	Edificio B	Edificio C
Calefacción [MWh]	182.2	182.2	160.0
Enfriamiento [MWh]	2.6	2.6	3.8
Global [MWh]	<b>184.8</b>	<b>184.8</b>	<b>163.8</b>

Demanda Energética MWh para Edificio de Referencia



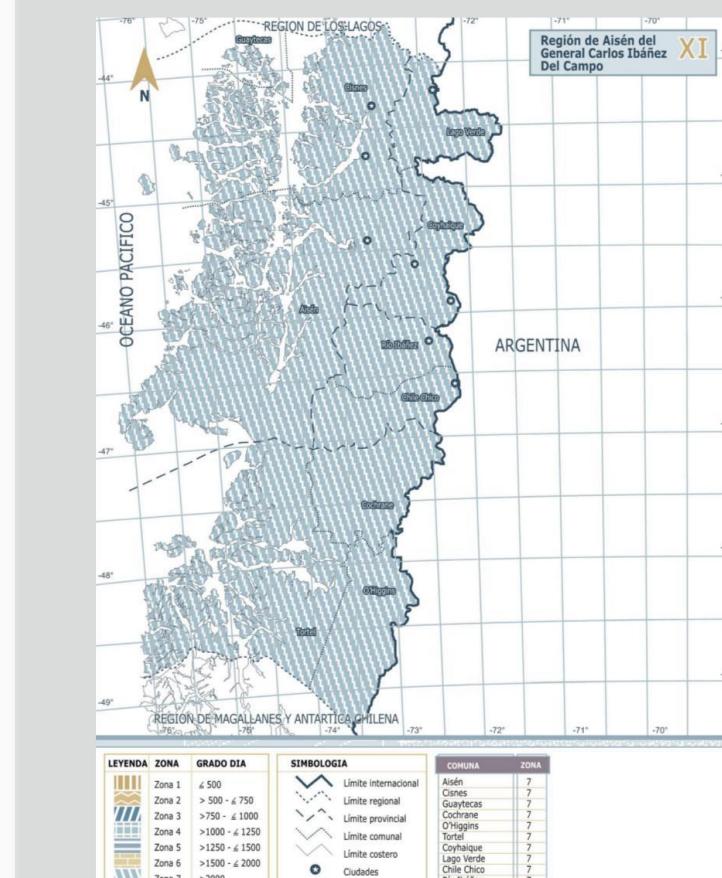


# CESFAM LA JUNTA

## ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA

	Composición	Características
<b>Techumbre</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.18 W/m²K</b>
<b>Muro</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.34 W/m²K</b>
<b>Piso</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.27 W/m²K</b>
<b>Vidrios</b>		<u>DVH Pilkinton Bluegreen - (6 / 12 / 6)</u> Valor Transmitancia Térmica <b>U: 2.97 W/m²K</b>

- Optimización de la aislación respecto a Reglamentación térmica de viviendas *OGUC Art.4.1.10*
- Poliestireno expandido, EIFS con densidades diferenciadas
- Ventanas termopanel con marco de PVC



Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]	U [W/m²K]	Rt [m²K/W]
7	0.25	4.00	0.6	1.67	0.32	3.13

Zona	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
		3.6 W/m²K $\geq U > 2.4$ W/m²k (a)	U $\leq 2.4$ W/m²k (b)
7	12%	28%	37%

### Densidades del PE

50 kg/m³. Se considera cuando es horizontal y va bajo losa o radier aislado en contacto con el terreno y como aislación en fundaciones.

30 kg/m³: Cuando es horizontal y por sobre el material es factible tránsito peatonal o vehicular. Retorno de alfeizar y de dintel de ventana de fachada.

20 kg/m³: Cuando es parte de la solución EIFS y está bajo los dos metros de altura. Generalmente va acompañada de malla de alto impacto según sistema.

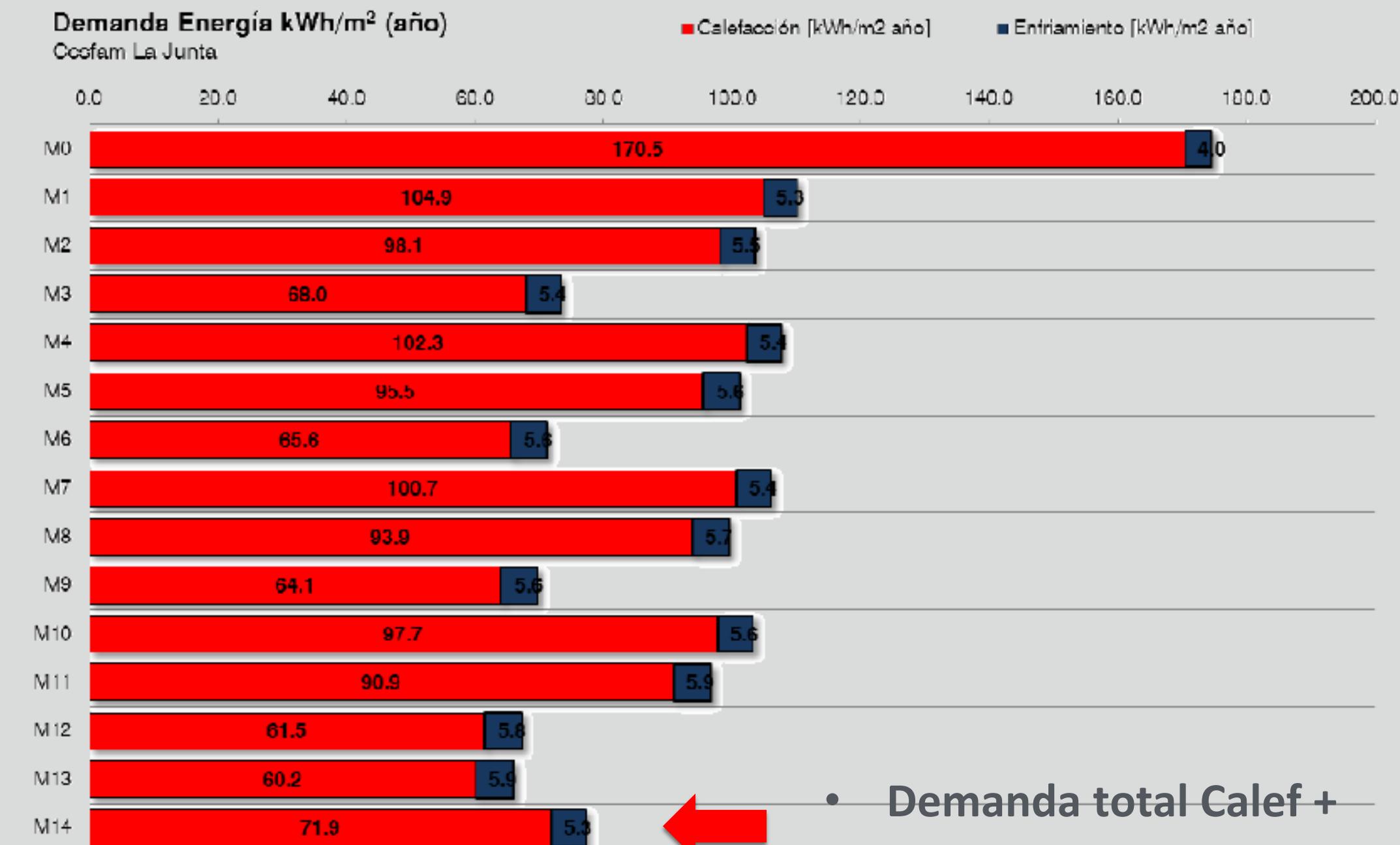
15 kg/m³: Sobre los dos metros de altura en los paramentos verticales EIFS, bajo losa en cielo de estacionamientos



## CESFAM LA JUNTA

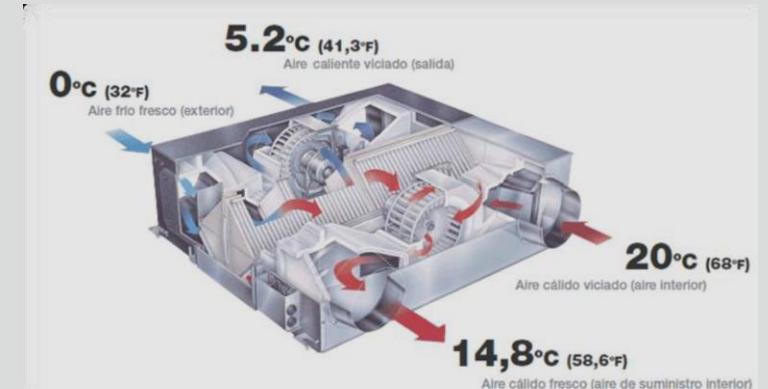
## ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA

	Composición	Características
<b>Techumbre</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.18 W/m²K</b>
<b>Muro</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.34 W/m²K</b>
<b>Piso</b>		Valor Transmitancia Térmica <b>U: 0.27 W/m²K</b>
<b>Vidrios</b>		DVH Pilkington Bluegreen - (6 / 12 / 6) Valor Transmitancia Térmica <b>U: 2.97 W/m²K</b>



• Demanda total Calef +  
Enf. = 77,2 kWh/m<sup>2</sup>

Caso	Techo	Muro	Losa Vent.	Radier	Vidrio	Temp °C	Recup. de Calor [%]
M0	150	100	110	0	DVH	Perfil	0%
M1	150	100	110	100	DVH	Perfil	0%
M2	150	100	110	100	Low-e	Perfil	0%
M3	150	100	110	100	Low-e	Perfil	50%
M4	200	100	110	100	DVH	Perfil	0%
M5	200	100	110	100	Low-e	Perfil	0%
M6	200	100	110	100	Low-e	Perfil	50%
M7	250	100	110	100	DVH	Perfil	0%
M8	250	100	110	100	Low-e	Perfil	0%
M9	250	100	110	100	Low-e	Perfil	50%
M10	250	150	110	100	DVH	Perfil	0%
M11	250	150	110	100	Low-e	Perfil	0%
M12	250	150	110	100	Low-e	Perfil	50%
M13	250	200	110	100	Low-e	Perfil	50%
M14	200	100	110	100	DVH	Perfil	50%





## CESFAM LA JUNTA

### SISTEMAS ACTIVOS

- Iluminación con luminarias fluorescentes
- Ventilación mecánica mediante recuperadores de calor
- Calefacción con caldera a biomasa de alto rendimiento 87%
- Enfriamiento mediante split
- 14 paneles solares cubre un 41% del ACS





# NORMALIZACIÓN HOSPITAL DR. LEOPOLDO ORTEGA DE CHILE CHICO - ANTEPROYECTO

- Unidad Técnica Servicio de Salud de Aysén / Dirección de Arquitectura MOP
- En licitación diseño y construcción por DA MOP
- Diseño 2017
- Anteproyecto arquitectura: Arq. Francisco de la Maza
- Asesoría Eficiencia Energética: Monserrat Bobadilla
- Hospital de baja complejidad
- Superficie: 4.800 m<sup>2</sup>
- 7 Camas básicas



CHILE CHICO

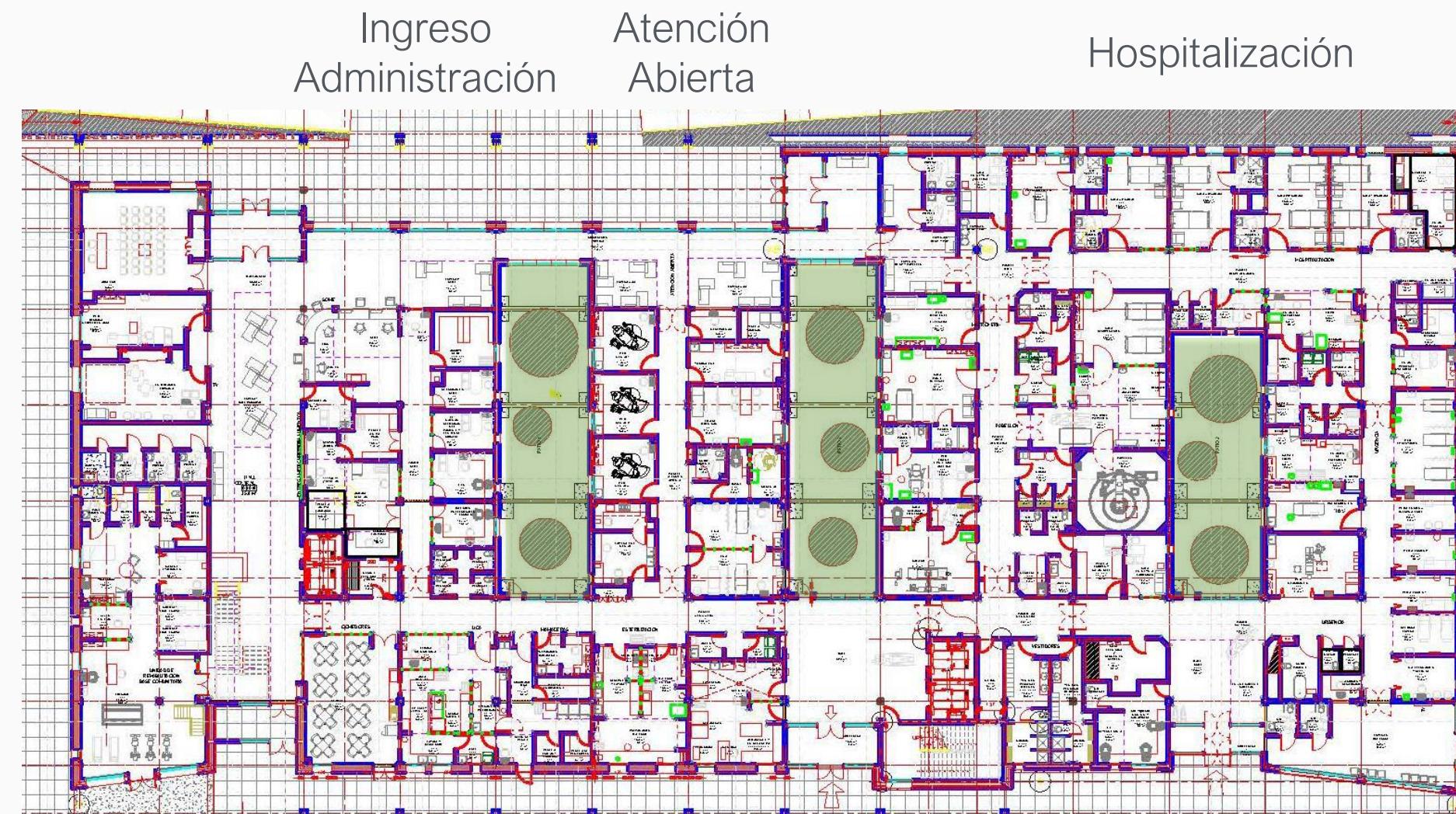


# NORMALIZACIÓN HOSPITAL DR. LEOPOLDO ORTEGA DE CHILE CHICO - ANTEPROYECTO

NORTE



Auditorio



PISO 1

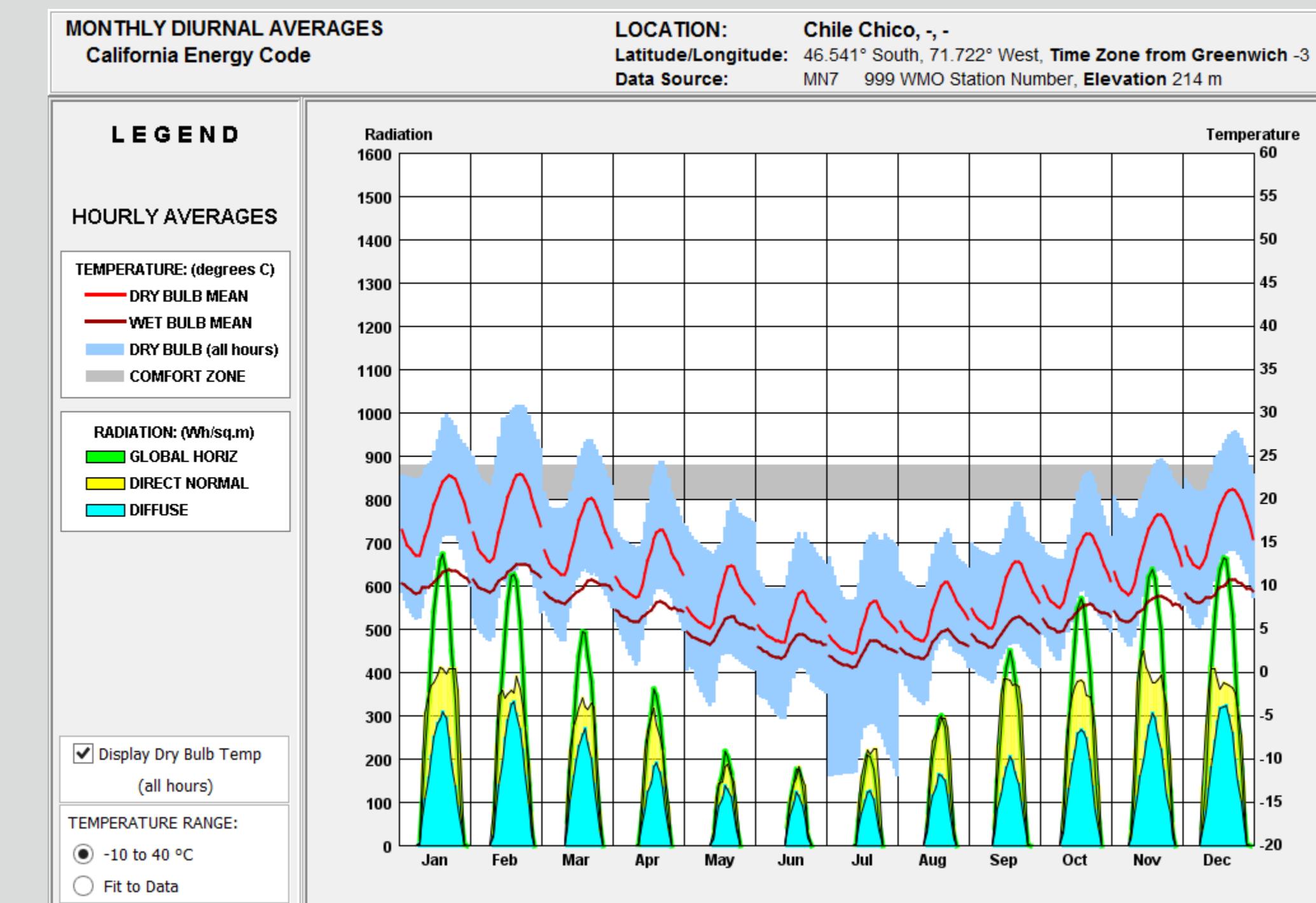
NORTE



PISO 2

## CLIMA

- Baja radiación solar especialmente en invierno
- Temperaturas anuales bajo los 20° C
- Clima ventoso todo el año, entre 15 y 40 Km/h, especialmente en meses de octubre a marzo

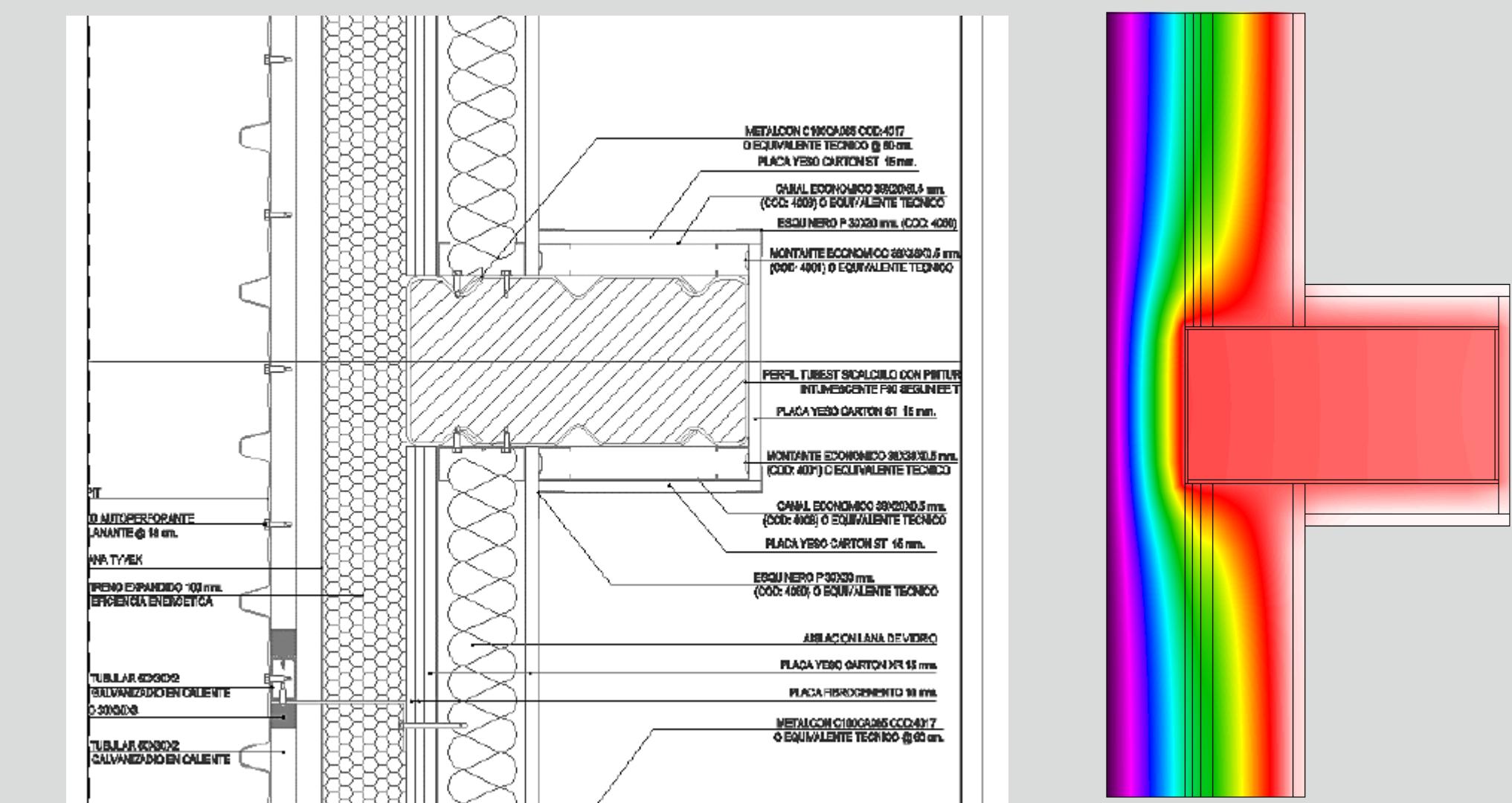
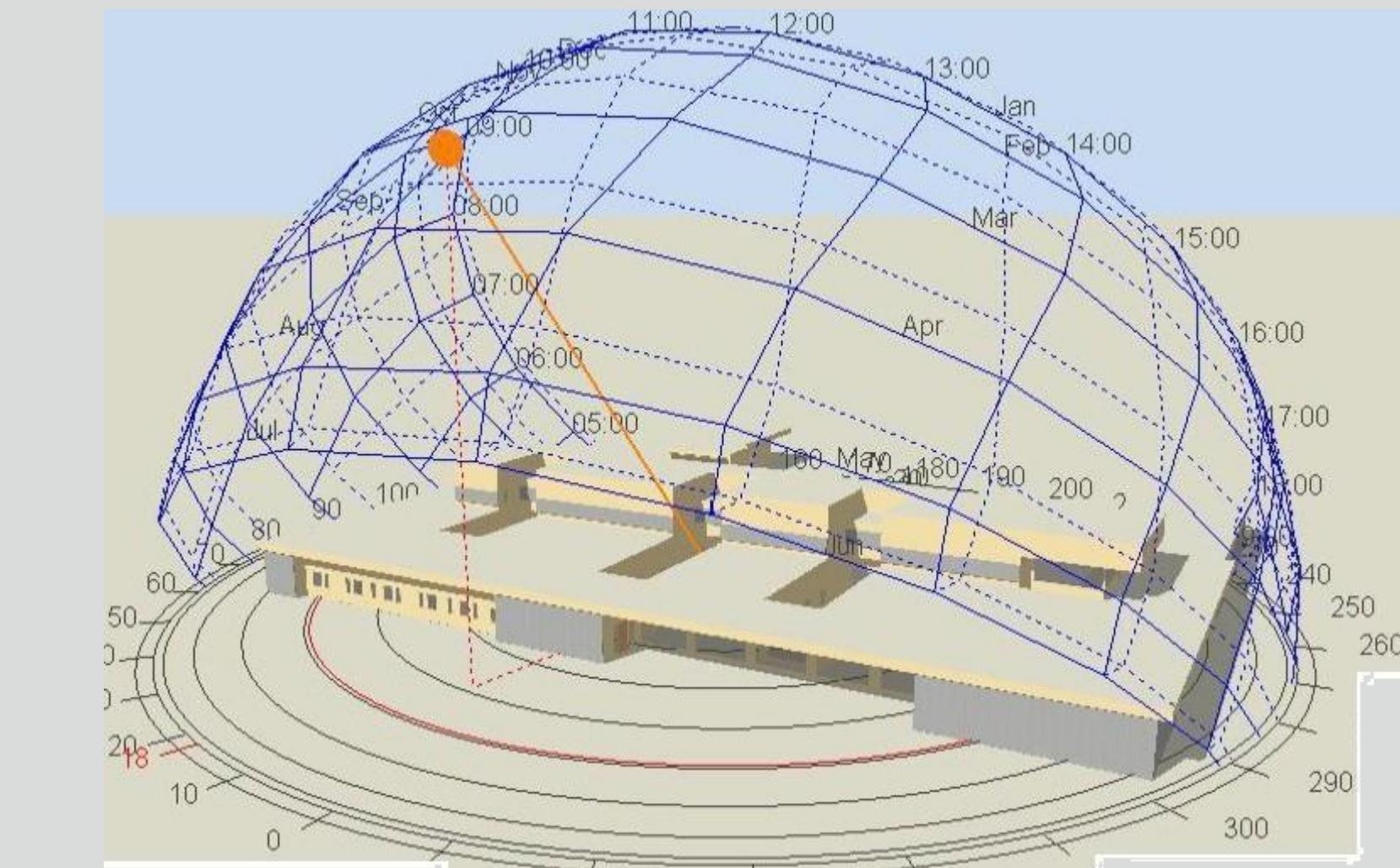




# NORMALIZACIÓN HOSPITAL DR. LEOPOLDO ORTEGA DE CHILE CHICO - ANTEPROYECTO

## CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

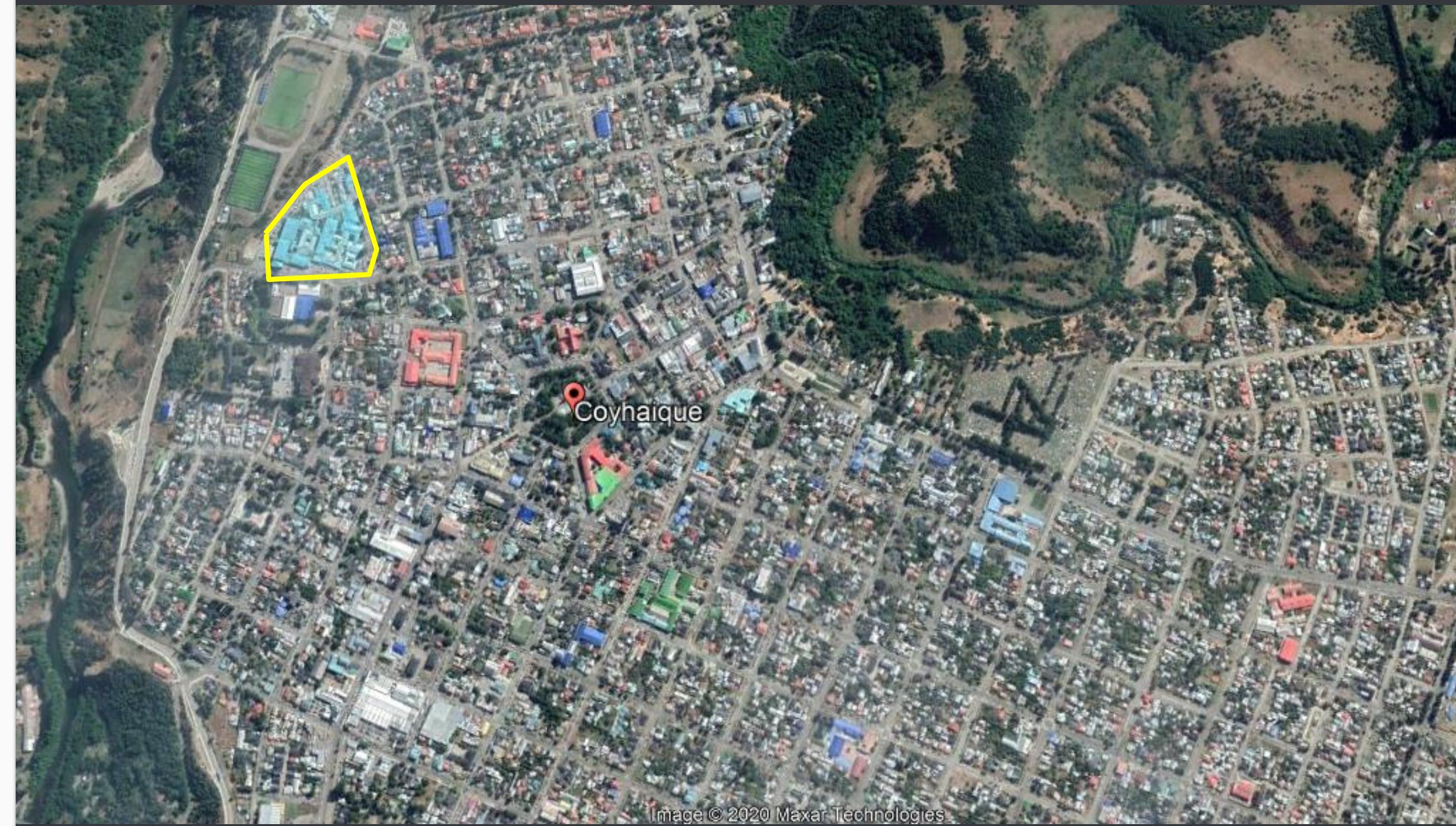
- Cumplir con **certificación CES** nivel destacado y seguir lineamientos de TDRe MOP
- Tasas de **ventilación mecánica** ajustadas a los estándares ASHRAE 62.1 y 170
- Ventanas del recinto asistencial en **superficie menor a 37%** respecto a muros
- Salas de hospitalización con **orientación norte**
- Configuración de **patios que permitan asoleamiento y luz natural** a los recintos.
- **Envolvente térmica optimizada** respecto CES y TDRe MOP
- **Aislación continua para control puentes térmicos** y ventanas termopanel con marco de PVC.
- **Protección frente al viento**, en los accesos con dobles puertas y terrazas protegidas
- Sistemas de **climatización de alta eficiencia** considerando matriz energética disponible
- **Luminarias de bajo consumo**





## HOSPITAL REGIONAL DE COYHAIQUE - COGENERACIÓN

- Proyecto “Eficiencia energética y cogeneración en hospitales públicos”
- Desarrollado por la **GIZ alemana** - a través de ACHEE junto a Ministerio de Energía y MINSAL
- Financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania
- Fondos de Iniciativa Internacional para la Protección del Clima ICI
- Proyecto contempló estudio de factibilidad e implementación de sistemas de cogeneración en 3 hospitales : **Hospital de Urgencia Asistencia Pública** (en Santiago), el **Hospital Clínico Magallanes** (Punta Arenas) y el **Hospital Regional de Coyhaique**



COYHAIQUE

- Hospital de alta complejidad
- Superficie: 21.000 m<sup>2</sup>
- Año construcción 1970 y 2000



# HOSPITAL REGIONAL DE COYHAIQUE - COGENERACIÓN



## SISTEMA

- Inversión en el equipo fue de aproximadamente **EUR 260.000**.
- Módulo compacto de cogeneración de **potencia eléctrica de 163 kW y potencia térmica de 319 kW**.
- Aporta en promedio un **55% de la energía eléctrica** que el hospital requiere para su funcionamiento, y además aporta en promedio un **37% de la energía térmica** (agua caliente sanitaria y de calefacción).
- Ahorros monetarios de entre **7 y 12 millones de pesos mensuales** respecto al sistema original en base a caldera a gas

## FUNCIONAMIENTO

- La cogeneración utiliza un combustible (Gas Licuado) para la **generación de electricidad**. El proceso genera **calor residual** que se utiliza para **calentar agua**. A través del intercambiador de calor se precalienta el agua de retorno a las calderas.
- Se estima retornos de inversión menores a 6 años



# Gracias

**Departamento de proyectos hospitalarios**  
División Inversiones - Ministerio de Salud

<https://plandeinversionesensalud.minsal.cl/>