

Programa de Mejoramiento Energético de la Infraestructura Escolar Pública 2023 - 2024

Guía de Recomendaciones para Proyectos de Acondicionamiento
Térmico y Geotermia



Programa Mejor Escuela 2024

Autores:

Clement Demons
Camila Vergara Fuentes
Virginia Berterreix Bonis
Pablo Rubilar Pino
Carolina Peters Salinas
Daiana Durán Díaz
Paulina Escobar Quintana
Lukas Fierro Soto
David Cabeles Ruiz

Diseño:

Maudie Thompson

Derechos reservados
Prohibida su reproducción



Índice

Glosario

Bienvenida

01

Programa Mejor Escuela

1. Historia del Programa
2. Proyectos Adaptados a la Sustentabilidad y Adaptación a la Crisis Climática
3. Metodología de Trabajo y sus Desafíos
4. Indicadores de Impacto
5. Cifras Finales del Programa



02

Análisis de Costos y Gestión de Recursos

1. Distribución de los Recursos
2. Ejecución Presupuestaria del Programa Mejor Escuela
3. Análisis y Resultados de Obras Ejecutadas
4. Factores Incidentes en los Costos

03

Levantamiento Arquitectónico para Acondicionamiento Térmico

1. Selección de los 42 Establecimientos Beneficiados
2. Estudio Preliminar del Establecimiento
3. Inspección y Levantamiento en Terreno
4. Planilla de Diagnóstico

04

Consideraciones de Diseño para Proyectos de Acondicionamiento Térmico

1. Ajuste de proyectos Existentes
2. Marco Normativo para Proyectos en Escuelas
3. Metodología BIM y Herramientas de Diseño
4. Consideraciones para el Diseño de Envoltente Térmica
5. Proyectos Integrales



05

Implementación de Proyectos de Acondicionamiento Térmico

1. Consideraciones Previas
2. Aprendizajes de la Implementación del Programa
3. Operación y Mantenimiento
4. Recomendaciones para la Gestión Administrativa

06

Energía Geotérmica para Calefacción en Escuelas Rurales

1. Introducción
2. Contexto Implementación
3. Levantamiento de Situación Existente
4. Diseño para Implementación y Tareas Previas
5. Desarrollo de la Implementación
6. Valores de la Implementación
7. Desafíos de la Implementación y Aprendizajes

Reflexión Final

Recuento 42 Establecimientos Educativos



Escuela El Llano de Quirihue
Región de Ñuble

Glosario



- **Barrera de humedad:** Lámina o capa que tiene la propiedad de impedir el paso del agua en estado líquido a través del mismo.
- **Barrera de vapor:** Lámina o capa que presenta una resistencia a la difusión de vapor de agua comprendida entre 10 y 230 MN s/g.
- **Condensación:** Paso de vapor de agua al estado después de líquido ocurre cuando se alcanza la temperatura de rocío o cuando se alcanza el 100% de humedad relativa (saturación).
- **Condensación intersticial:** Cuando la condensación de vapor de agua del aire se produce en el interior del muro.
- **Conducción de calor:** Calor transferido generalmente en un sólido desde un elemento a mayor temperatura a otro de menor temperatura.
- **Confort térmico:** Sensación de bienestar de las personas en relación a una serie de variables ambientales (temperatura del aire y de las superficies, humedad y velocidad del aire) y del individuo mismo (nivel de actividad y nivel de ropa).
- **Consumo de energía:** Gasto energético de la vivienda, es decir, la energía que realmente se utiliza para cumplir con la demanda requerida. Depende además de factores como el clima, los elementos de la envolvente, el uso de la vivienda y de los equipos de climatización instalados.
- **Convección:** Transferencia de energía térmica entre un fluido o gas (aire) y un sólido por movimiento de un fluido o gas.
- **Demanda de energía:** Energía necesaria para mantener en el interior de la vivienda las condiciones de confort. Depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento, entre otros puntos, y no considera la eficiencia de los equipos de climatización instalados. En el contexto de esta guía se refiere a la demanda de calefacción y/o refrigeración.

- **DVH:** Doble vidrio hermético.
- **Edificación de carbono neto cero o net zero emisiones:** Edificio de consumo de energía neta cero, que durante su ciclo de vida (producción, construcción, operación, fin de vida útil), logra minimizar sus emisiones de carbono incorporado y compensar cualquier saldo carbono restante (CTeC y EBP, 2021).
- **Eficiencia de un equipo:** Razón entre la energía producida por un equipo útil y la que este consume para su funcionamiento.
- **Envoltente térmica:** Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está construida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.
- **Fittings:** Accesorios para sistemas de cañerías.
- **Ganancias internas:** Proviene de todas las fuentes de calor situadas al interior de la edificación, dentro de las que se consideran: número de usuarios, iluminación, equipos electrónicos, etc.
- **GEI:** Gases de efecto invernadero.
- **Geotermia de baja entalpía:** Energía disponible contenida en los primeros 50 metros de profundidad a una temperatura menor a 25°C.
- **Humedad relativa:** Relación entre la humedad (vapor de agua) existente en el aire y la máxima humedad (vapor de agua) que puede contener en función de la presión y la temperatura.
- **Inercia térmica:** Es la dificultad que ofrecen los cuerpos para cambiar su temperatura, y se obtiene cuantificando su masa térmica.
- **Loops:** Para fines del presente documento, loops se refieren a circuitos cerrados de cañerías que actuarán como intercambiador de calor entre el fluido de trabajo y el subsuelo.
- **Masa térmica:** Es una propiedad de los materiales, que permite almacenar temperatura, generando por consecuencia la “inercia térmica” frente a fluctuaciones de temperatura.
- **Nivel de hermeticidad:** Características de una vivienda en relación con la cantidad de aire que se puede transferir a través de su envoltente.





- **Protección solar/lluvia/viento:** Diseño de estructuras y/o elementos que permiten protegerse de dichas condiciones físicas, que pueden ser fijas o móviles.
- **Puente térmico:** Parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones e intercambios de calor en esa zona (ganancias en verano y pérdidas en invierno).
- **Radiación solar:** Espectro de radiación electromagnética emitida por el sol. En el contexto de esta guía se refiere a la energía que llega a la tierra después de filtrarse por la atmósfera. Contiene radiación ultravioleta, visible y calórica de onda corta.
- **Resistencia a la difusión de vapor:** Resistencia de un material, de un espesor dado, a la difusión de vapor de agua a través de él.
- **Resistencia térmica (R):** Oposición al paso de calor que presentan los elementos o materiales de construcción.
- **Sistema geotérmico abierto:** Consiste en un sistema que extrae energía del subsuelo mediante una bomba de calor que absorbe calor o frío de un flujo de agua proveniente de aguas superficiales o subterráneas.
- **Sistema geotérmico cerrado:** Consiste en un sistema que extrae energía del subsuelo mediante una bomba de calor que absorbe calor o frío desde la tierra que se encuentra en contacto con un sistema de cañerías enterradas cerradas.
- **Temperatura de punto de rocío:** Si se toma un volumen de aire y se enfría a contenido de humedad constante, la temperatura que alcanza el aire cuando se inicia la condensación se le denomina temperatura de punto de rocío.
- **Transmitancia térmica (U):** Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total (R_T) de un elemento y se expresa en $W/(m^2 K)$.
- **Ventilación cruzada:** Se produce cuando existe una corriente generada por al menos dos ventanas abiertas, ubicadas en fachadas distintas, idealmente distanciadas y a diferentes alturas.
- **Zona de confort:** Sensación de bienestar producto de la combinación compleja de varios estímulos: acústicos, lumínicos, higrotérmicos y olfativos.

Guía del Programa Mejor Escuela



Rosa Riquelme Hermosilla

Directora Ejecutiva de la Agencia de Sostenibilidad Energética

Este documento nace con el objetivo de entregar más información sobre el impacto de “Mejor Escuela”, Programa que tiene como objetivo central llevar la eficiencia energética a los establecimientos de educación, creando un ambiente más cómodo y propicio para el aprendizaje de los y las estudiantes.

Como Agencia de Sostenibilidad buscamos transformar las condiciones de las aulas mediante la implementación de tecnologías que no solo mejoran el confort, sino que también contribuyen a un uso más responsable de la energía, reduciendo su consumo y ayudando a mitigar problemas como la humedad o la condensación en las salas de clases. Adicionalmente, hemos integrado la perspectiva de género en el diseño de los proyectos y en la conformación de los equipos profesionales que ejecutaron este Programa, garantizando que la diversidad y la inclusión sean principios fundamentales en cada intervención.

Hemos trabajado estrechamente con constructoras y profesionales de las zonas beneficiarias, capacitando recursos humanos locales para abordar de manera más efectiva los desafíos específicos de cada territorio. Este enfoque no solo mejora la infraestructura educativa, sino que también contribuye al desarrollo de capital humano capacitado, fortaleciendo las comunidades y abriendo oportunidades de empleo.

El resultado de estos esfuerzos es palpable: Los establecimientos educativos han mejorado su confort térmico, lo que permite a los y las estudiantes concentrarse mejor y aprender en condiciones más adecuadas. El frío o calor excesivo, ya no será un obstáculo para que los niños y niñas pongan atención y se desarrollen plenamente. Además, este Programa tiene un impacto social trascendental al nivelar la cancha y ofrecer a los estudiantes de colegios públicos las mismas oportunidades que los de establecimientos más privilegiados, contribuyendo a la reducción de desigualdades.

A través de “Mejor Escuela”, no solo transformamos las infraestructuras, sino que generamos un cambio profundo en el ambiente educativo, impulsando una educación de calidad que, con el tiempo, contribuirá al desarrollo económico de nuestro país.

Esperamos que esta guía les sirva para conocer más sobre el alcance y los logros de este Programa, y cómo, trabajando juntos, podemos continuar construyendo más y mejores escuelas en todo Chile.

¡Bienvenidos a esta transformación educativa!

Mejor Escuela: hacia un modelo de educación sostenible



Álvaro García Hurtado
Biministro de Energía y de Economía, Fomento y Turismo

El acceso a la energía es crucial para el desarrollo y bienestar de una sociedad, en especial de las nuevas generaciones, donde los niños, niñas y adolescentes juegan un rol fundamental. Frente a este desafío, desde el Ministerio de Energía estamos comprometidos con aportar en esta tarea desarrollando Programas que entreguen bienestar a las familias de nuestro país. Ejemplo de esto, es el Programa “Mejor Escuela”, el que ha calado profundamente en mi labor como autoridad y se ha transformado, por lejos, en el favorito para los funcionarios del ministerio.

Este Programa, desarrollado por la Agencia de Sostenibilidad Energética, contempla dos tipos de intervención en establecimientos públicos. Por un lado, ha permitido avanzar en el mejoramiento de sus sistemas eléctricos, entregando más seguridad a la comunidad educativa, y en la instalación de sistemas solares térmicos. Otra línea de trabajo consiste en el reacondicionamiento térmico, con recubrimientos exteriores e interiores, e instalación de termopaneles y puertas térmicas especiales, haciéndose cargo de las distintas necesidades de aislación en escuelas y liceos, tanto en el norte como en el centro y sur del país.

Cada vez que he visitado las escuelas y liceos que se han beneficiado con este Programa, los/as alumnos/as y profesores/as me han hecho ver los cambios que experimentan en su proceso educativo. Sabemos que cuando nuestras escuelas públicas se refuerzan, mejoramos la asistencia y la matrícula escolar, impactando en la capacidad de aprendizaje.

Este Programa nos recuerda que el Estado y la inversión pública que podemos empujar desde el Ministerio de Energía no se trata solamente de sacar permisos u ordenar procesos, sino también habilitar espacios donde las comunidades puedan encontrarse en torno a diversas actividades. Al mejorar las condiciones energéticas y térmicas de los establecimientos públicos, el Estado está invirtiendo en el bienestar de los estudiantes y de la comunidad en su conjunto.

Las cifras de Mejor Escuela son elocuentes. Hemos transformado más de 100 colegios y liceos a lo largo del país, mejorando la calidad de vida de miles de estudiantes a lo largo país y pretendemos continuar en esta senda.

Los invito a disfrutar de esta guía desarrollada por el equipo de profesionales a cargo del proyecto, en sus páginas encontrarán todos los detalles para evaluar el impacto de Mejor Escuela en estos 4 años. Esperamos que, en el futuro, iniciativas como esta puedan seguir replicándose, permitiendo que cada vez más escuelas y colegios cuenten con condiciones dignas y adecuadas para el desarrollo de sus comunidades educativas.



CAPÍTULO

1

**Programa
Mejor
Escuela**



A modo de introducción, el primer capítulo de esta guía ofrece un resumen que permite comprender de manera integral el alcance y los objetivos del Programa. Para comenzar se contextualiza con una breve reseña histórica que destaca su evolución y relevancia. Luego, se describen los beneficios clave de las intervenciones realizadas, haciendo énfasis en su contribución a la descarbonización y en la importancia de estas acciones en distintos ámbitos.

Asimismo, se detalla la metodología de trabajo empleada, abordando los desafíos más significativos enfrentados durante la implementación de los 42 proyectos. En este capítulo se muestran los indicadores de impacto que permiten valorar los resultados alcanzados, resaltando la influencia del Programa en términos de eficiencia energética, mejora del confort térmico y generación de empleo. Finalmente, se presentan las cifras más relevantes que reflejan el compromiso asumido con la Dirección de Presupuestos (DIPRES), consolidando la relevancia de estas intervenciones en el contexto actual.

Escuela Ralco Lepoy, Alto Biobío,
Región de Biobío.

1. Historia del Programa

El Catastro de Infraestructura Escolar 2012-2013 elaborado por el Ministerio de Educación, cubrió el 90% de los 5.530 establecimientos educacionales subvencionados de dependencia municipal. En este catastro se reveló el deterioro y deficiencia en las condiciones de la infraestructura escolar pública, las cuales no eran propicias para el aprendizaje del siglo XXI¹. Debido a lo anterior, el Ministerio de Energía crea en el 2018 el Programa de Mejoramiento de la Infraestructura Escolar Pública, con el fin de mejorar los estándares de confort ambiental y hacer más eficiente el uso de la energía en establecimientos educacionales públicos, mediante una intervención integral en eficiencia energética, con foco en el acondicionamiento térmico.

En esta etapa, en conjunto con la Agencia de Sostenibilidad Energética, se trabajó en 368 establecimientos educacionales distribuidos en las 16 regiones del país, desarrollando implementaciones pilotos y proyectos integrales, para ser financiados desde las convocatorias municipales de la Dirección de Educación Pública (DEP). Con los buenos resultados, desde el Plan de Gobierno 2022-2026, el Ministerio de Energía decide dar continuidad al Programa Escuelas (punto 2 referido a Reactivación Económica sobre una mayor inversión en reacondicionamiento térmico en escuelas). De igual forma se incluyó en la Agenda de Energía 2022-2026 el Numeral 1.6.2. “Apoyaremos las gestiones del Ministerio de Educación y de sostenedores de establecimientos de educación pública, para avanzar en el reacondicionamiento energético de 400 escuelas”.



¹ Sitio web Infraestructura Escolar.

Con este compromiso y el potencial de la cartera de proyectos disponibles para ser implementados, el Ministerio de Energía postuló el financiamiento de 42 establecimientos, por un monto de \$19.030.526.000 lo cual se materializó en el marco del *“instructivo sobre uso de recursos fiscales especiales para proyectos de inversión intensivos en mano de obra y de carácter verde”* entregado por la Dirección de Presupuesto (DIPRES).

El Programa “Mejor Escuela” es un ejemplo de cómo la mejora en la infraestructura puede tener un impacto positivo en la calidad de vida y el aprendizaje, al mismo tiempo que contribuye a la sostenibilidad y la descarbonización. Al transformar los espacios escolares en ambientes más eficientes y saludables, Chile está dando un paso significativo hacia un futuro más sostenible.

Dentro de los beneficios más importantes, se puede destacar:



Mejorar el confort térmico en las aulas, beneficiando a estudiantes y docentes.



Promover el ahorro energético y la reducción de emisiones de GEI.



Prolongar la vida útil de la infraestructura existente.



Mejorar la dignidad de la comunidad del establecimiento, a través de la adaptación de rutas accesibles, mejoramiento de servicios higiénicos, entre otros.



Preparar a los establecimientos para enfrentar los efectos del cambio climático.



Atraer nuevas matrículas, mejorar los espacios comunitarios y disminuir el ausentismo escolar.



Fortalecer la educación ambiental en las comunidades escolares.



Crear empleo local.

2. Proyectos Orientados a la Sustentabilidad y Adaptación a la Crisis Climática

El Programa Mejor Escuela, aporta de manera transversal implementando proyectos demostrativos asociados a la sustentabilidad en infraestructura existente. La renovación energética del parque construido de edificaciones, tanto públicas como privadas, requiere iniciativas que ayuden a consolidar una política pública, considerando la brecha normativa existente en el país. De igual forma el Programa es un referente en el marco de los compromisos para lograr la carbono neutralidad al 2050 (Ley 21.455 Cambio Climático) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 (ODS) considerando que fomenta las medidas integrales en eficiencia energética y energías renovables.

Un ejemplo de esto es, la implementación de 2 proyectos de climatización en base a geotermia, que reemplazaron el uso de leña y diesel, lo que contribuye a la disminución del consumo de energía y de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Adicionalmente, las obras incluyeron intervenciones de conservación como la adaptación de ruta accesible, recambio de techumbre, mejoramiento en servicios higiénicos y en algunos casos la normalización eléctrica, lo que permite prolongar la vida útil de los establecimientos y avanzar hacia la sostenibilidad.

Es importante mencionar que este trabajo se enmarca en el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 y la Agenda de Energía 2022-2026, destacando la importancia de mejorar la infraestructura escolar pública para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂. En el eje de acción número 1 “Acceso Equitativo a Energía de Calidad” se compromete el apoyo a las gestiones del Ministerio de Educación y sostenedores de la educación pública para avanzar en el acondicionamiento energético, con el fin de mejorar los estándares de confort y habitabilidad de las salas de clases y hacer un uso más eficiente de la energía.

En la misma línea de mejorar las condiciones térmicas, estos proyectos incluyeron los estándares de la tercera actualización del artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que por primera vez incluyen parámetros en establecimientos de salud y educación. De igual forma esta normativa aumenta la diversidad geográfica pasando de 7 a 9 zonas térmicas con los estándares mínimos para sus respectivas comunas, en los cuales se ubicaba cada establecimiento. Adicionalmente, los sistemas constructivos incluyeron las nuevas exigencias en el análisis de condensaciones superficiales e intersticiales, junto con exigencias de infiltración de aire y las tasas mínimas de ventilación.

Si bien el Programa es un gran primer paso frente a los desafíos del país para lograr la carbono neutralidad al 2050 en edificación existente, es importante incluir los procesos de descarbonización del sector de la construcción, revisar estrategias de reducción de emisiones definidas como consumo de energía neta cero y carbono neto cero, economía circular, industrialización, digitalización, entre otros. De igual forma es necesario que las próximas actualizaciones incorporen criterios de confort para el verano y regulación de medidas para mitigar el sobrecalentamiento, con el fin de cumplir con el mejoramiento energético del parque construido.



3. Metodología de Trabajo y Desafíos

La ejecución de proyectos en 42 establecimientos en tan solo 18 meses representó un desafío significativo para el Programa, considerando que se requería implementar estos proyectos de manera simultánea e identificar previamente empresas constructoras capaces de realizarlos considerando la diversidad geográfica.

Para enfrentar este desafío, se llevó a cabo una estrategia enfocada en la realización de convocatorias y campañas de difusión con el fin de generar una base de datos de empresas constructoras. En paralelo se realizó un trabajo de coordinación territorial en conjunto con las Secretarías Regionales Ministeriales de Energía (Seremis), Municipalidades y actores regionales, como la Cámara chilena de la construcción, lo que se tradujo en un listado de más de 400 empresas de construcción que declararon interés por participar en el Programa.

Todo lo anterior apoyado con la creación de una página web ([Mejor Escuela](#)) que contiene toda la información necesaria respecto del Programa, los beneficiarios, los procesos licitatorios, la inscripción de registro de contratistas, entre otros.

Adicionalmente, para hacer más competitivo el mercado desde la AgenciaSE, se realizaron cambios en la estructura de las licitaciones, considerando en esta oportunidad:

1. Incluir, dentro del proyecto la arquitectura de detalles, entregando a las empresas un proyecto "listo para construir". En esta parte del proceso surge la necesidad de realizar un ajuste del proyecto para asegurar costos y especificaciones técnicas apropiadas, antes de la licitación.
2. Publicación de bases estándar, organizadas por categorías en función de la envergadura del proyecto, lo que redujo costos administrativos y facilitó la postulación de las empresas interesadas
3. Se implementó un sistema de validación de empresas, con el fin de agilizar el proceso de postulación y evaluación, facilitando al oferente participar en las distintas licitaciones y en múltiples oportunidades.



Aplicada esa estrategia, a través del programa se lograron los siguiente hitos:



Otro desafío importante, radicó en la conformación del equipo interno, para poder realizar las inspecciones técnicas de terreno, en obras emplazadas desde la Región de Tarapacá hasta la Región de Los Lagos, de manera simultánea. Para superar ese desafío territorial, se contrató a un equipo, de más de 20 profesionales, presentes en 9 Regiones diferentes, esto permitió una coordinación eficaz con los actores locales, además de un seguimiento y control detallado de las obras. Además se consideró la contratación de prevencionistas de riesgos, asistentes administrativos para las gestiones de pagos y cometidos y un apoyo legal.

Este equipo de trabajo se organizó en cinco grupos. A cada equipo, se asignó un jefe o jefa de proyectos, junto con dos profesionales de terreno, ubicados en la zona donde se encontraban los establecimientos. Durante la etapa de diseño, los profesionales cumplieron el rol de revisores de proyecto, y en la fase de implementación, asumieron el rol de inspección técnica, lo que implicó una adaptación del equipo a diferentes funciones, pasando de ser contraparte técnica de una consultoría

a ser el equipo de supervisión de contrato e inspección técnica de terreno (ITT). Es importante mencionar que para llevar a cabo visitas semanales y tareas administrativas, se consideró un máximo de 4 proyectos por profesional de terreno.

Para el seguimiento físico de las obras se desarrolló una estrategia que permitiera abarcar territorialmente a los establecimientos, estableciendo una visita semanal por parte del equipo de Inspección Técnica de Terreno (ITT) de la Agencia. Esta frecuencia de inspecciones en algunos casos se duplicó, respondiendo a la complejidad del proyecto. Además, se implementaron canales de comunicación con las empresas contratistas que permitieron aumentar los controles sobre el avance de la ejecución de las partidas, como reuniones semanales de avance, ingreso de reportes semanales de parte del contratista, envío de videos y registros audiovisuales en vivo.

Superados los desafíos, se consiguieron obras de alto estándar, donde se abordaron establecimientos en sectores rurales como en sectores urbanos, lo que significó distintos retos como:

Accesibilidad en zonas más aisladas, para traslados de personales y materiales

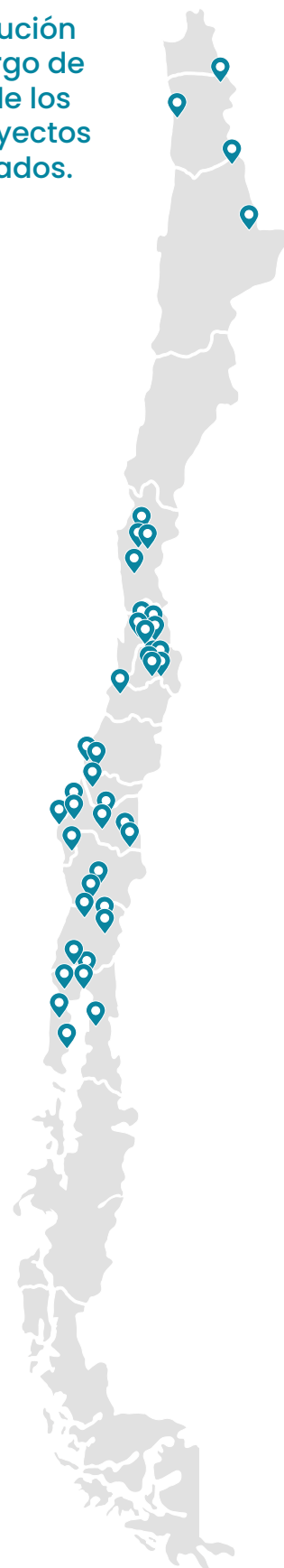
Intervención en zonas con alta densidad con limitación de espacio, ruido y uso de veredas.

Así mismo, se trabajó la modelación de los proyectos en plataformas BIM, lo que permitió un mejor nivel de detalle y la optimización de la cubicación para cotizar correctamente los proyectos.



Cierre de obra Liceo Polivalente de Ancud.

**Distribución
a lo largo de
Chile de los
42 proyectos
ejecutados.**





4. Indicadores de Impacto

4.1 Experiencia previa con resultados positivos

Durante los años 2019 a 2022 se desarrollaron 8 proyectos pilotos de implementación de medidas de conservación con foco en acondicionamiento térmico en escuelas y liceos públicos de diversas regiones del país. Estas implementaciones se centraron en la instalación de sistemas de acondicionamiento térmico de las envolventes (muros, cielos y superficies vidriadas), y se incluyeron de manera parcial medidas como mejoramiento de sistema de calefacción, sistemas de ventilación activos y recambio de luminarias por tipo LED. La implementación de estos proyectos piloto permitió evaluar de manera empírica las mejoras energéticas y ambientales de los establecimientos, y así, fortalecer la información disponible para los tomadores de decisiones para futuros proyectos.

Para lo anterior, se diseñó una metodología para la evaluación de indicadores que permitieran demostrar el impacto del Programa. En particular para los 8 pilotos, se presentan a continuación los resultados de la mejora en los parámetros ambientales al interior de las salas y la mejora del balance térmico en el establecimiento.

Ambiental

	Aumento del 16% de las temperaturas mínimas registradas durante igual periodo, equivalente al aumento de 1,9°C sobre las temperaturas mínimas.
	Aumento de 1,5° C en promedio de los registros totales tomados durante la jornada escolar (08-13 hrs).
	Disminución en promedio de un 13% de los registros de CO ₂
	Disminución de 256 ppm en promedio en los registros de calidad del aire.
	Disminución de un 5% de los registros máximos de ruido.

Impacto en el Balance Energético

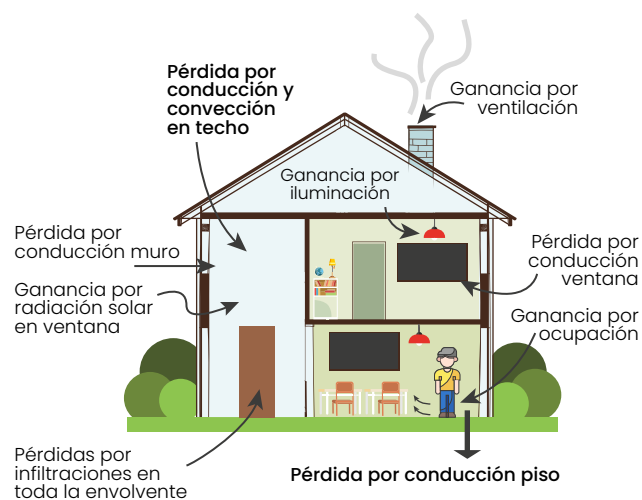
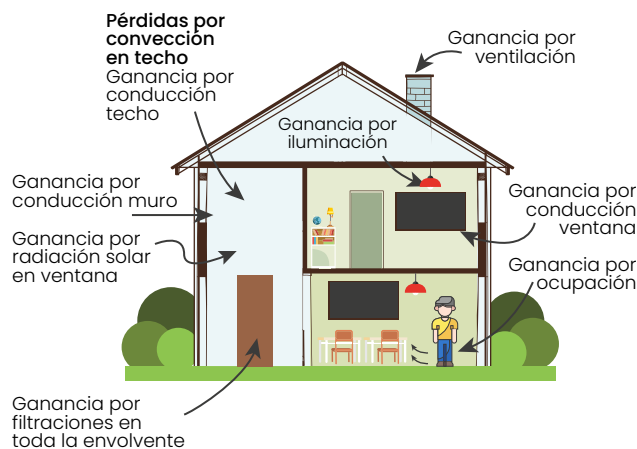
La metodología de cálculo considera la evaluación de la sala de clases a nivel de pérdidas y ganancias térmicas. En base a esto la metodología considera los siguientes análisis:

Balance térmico de ganancias por cargas internas: Por ocupación, iluminación y calefacción.

Balance térmico de elementos de la envolvente: Transmisión de muros, ventanas, cielos y pisos.

Balance térmico de ventilación: Por infiltraciones.

Balance térmico de ganancias por radiación solar: Directa e indirecta.



El balance realizado a partir de la experiencia de los 8 proyectos pilotos permitió concluir que una intervención de acondicionamiento térmico (aislación sobre toda la envolvente; muro, ventanas, techumbres- cielos y pisos) sobre un establecimiento educacional permite en promedio **un 74% de disminución en las pérdidas de la envolvente** y mejora en un 163% el balance térmico.



4.2 Resultados e Indicadores de los 42 Proyectos Implementados

No Energéticos

Como parte del Programa se realizó un análisis de las variables NO Energéticas de cada uno de los 42 establecimientos educacionales beneficiarios, a lo largo del año 2022, es decir, durante el periodo previo a la implementación de mejoras.

A continuación, se presentan los indicadores de estudio de caracterización del alumnado al interior de los establecimientos educacionales:

- La matrícula de establecimientos educacionales beneficiarios del Programa “Mejor Escuela” es bastante variada, va desde 6 estudiantes en el establecimiento Escuela El Roble ubicado en la comuna de Yungay, Región de Ñuble hasta 1.404 estudiantes matriculados en el establecimiento Colegio Simón Bolívar ubicado en la comuna de Alto Hospicio Región de Tarapacá.
- El 100% de los meses en estudio se encuentran por debajo del 85% de asistencia, lo que establece una inasistencia grave para todo el periodo 2022 del conjunto de establecimientos educacionales en estudio.
- Respecto del rendimiento escolar un 17% de los establecimientos educacionales en estudio cumplen con los estándares mínimos, es decir, cuya calificación es igual o sobre 4. Un 74% de establecimientos educacionales cuyo rendimiento escolar es aceptable lo que infiere que su calificación es igual o sobre 5 y un 9% de los establecimientos educacionales obtienen un desempeño muy bueno, es decir, donde sus calificaciones son iguales o sobre 6.
- Es posible afirmar que el Programa “Mejor Escuela” beneficia a un universo de estudiantes donde el 86% posee algún nivel de vulnerabilidad, atribuyéndose esta cifra mayoritariamente a alumnos calificados como prioritarios.

Es importante mencionar que el análisis de los datos post implementación no ha sido realizado a la fecha, dado que no se han publicado las bases de datos del MINEDUC para el año 2024.

Energéticos:

Para las variables energéticas, aunque se utiliza una metodología para medir el impacto de la intervención en los 42 establecimientos beneficiarios del Programa, a continuación se presentan los resultados de un grupo de 9 establecimientos seleccionados para un estudio ambiental.

Región	Comuna	Nombre del establecimiento
Región de Tarapacá	Alto Hospicio	Colegio Simón Bolívar
Región de Coquimbo	Canela	Escuela Juan Antonio Ríos
Región de Coquimbo	Combarbalá	Escuela Arturo Pérez Canto.
Región Metropolitana de Santiago	Santiago	Liceo José de San Martín
Región del Maule	Chanco	Escuela San Ambrosio
Región del Biobío	Hualpén	Liceo Simón Bolívar
Región del Biobío	Alto Biobío	Escuela Ralco Lepoy
Región de Los Ríos	Los Lagos	Escuela Rural Enrique Hevia Labbé
Región de Los Lagos	Puerto Varas	Escuela Colonia Río Sur

Este estudio incluye la instalación de equipos de medición que monitorean, de manera directa o indirecta, parámetros ambientales como temperatura, concentración de CO₂ y niveles de ruido. Estas variables se analizan antes y después de la intervención, comparándolas con estándares de referencia.

Adicionalmente, se debe considerar que se presentan resultados parciales, dado que las mediciones del periodo posterior a la implementación de medidas de mejora no han finalizado a la fecha.

El primer ítem a estudiar es el de condiciones ambientales, el cual evidenció que la ejecución de medidas de acondicionamiento térmico tales como son: Aislación de cielos, aislación de muros y recambio de superficie vidriada tiene un impacto positivo sobre los parámetros ambientales registrados dentro de los espacios en estudio.

	Resultados Parámetros Ambientales										
	Temperatura		Calidad del Aire		Ruido		Resultados Energéticos		Resultados Calefacción		
	Δ	Δ%	Periodo Reporte RITCH (%)	Periodo Reporte RITCH Calificación	Δ	Δ%	Mejora [kwh]	% Mejora	% Mejora	Combustible Evitado [kWh]	Combustible Evitado GEI [TCO2]
Establecimientos Educativos en Estudio	Δ2,21	Δ16,66%	64,59%	MEDIO	Δ2,45	Δ5,41%	1.666	6%	66%	2.623	0,91

Condiciones ambientales, análisis energético establecimientos medidos.

Según los resultados de las condiciones ambientales, las medidas implementadas resultaron en un incremento de 2,21°C en la temperatura media registrada, lo que representa un aumento del 16,66% en comparación con el período de línea base. En cuanto a la calidad del aire, el estudio evaluó el porcentaje de cumplimiento respecto a los estándares referenciales RITCH y CES, obteniendo un 64,59% de registros por debajo de 1.000 ppm, lo que corresponde a una calificación media. Finalmente, en el análisis de ruido, se observó una reducción promedio de 2,45 dB a lo largo de los períodos estudiados, equivalente a una disminución porcentual del 5,41%.

El estudio finaliza con el análisis energético del grupo de establecimientos educacionales medidos donde se aborda el resultado del balance energético producto de distintos elementos tales como: Ganancias por Cargas Internas, Cargas por Elementos de la Envolvente, Balance Térmico de Ventilación y Balance Térmico de Ganancias Radiación Solar cuyos resultados se presentan a continuación:

La confluencia de los distintos elementos que comprenden el balance térmico hace que en su estudio se obtenga un resultado positivo para los establecimientos medidos, otorgando una mejora del 6% equivalente a 1.666 kWh. Al estudiar las mejoras que cambian las transmitancias asociadas a cada uno de estos elementos, que viene siendo el propósito principal del Programa la mejora de la aislación térmica se logra establecer un 66% de mejora. En caso de que este resultado hubiese sido obtenido únicamente a partir del uso de sistemas de calefacción activa, habría sido necesario el uso de 2.623 kWh lo cual a su vez habría implicado la emisión de 0,91 TCO₂.

Para mayor información de los indicadores de impacto, energéticos y no energéticos, y la metodología de análisis utilizada para su obtención, revisar el siguiente repositorio:

Estudios Impacto 42 proyectos [🔗](#)





Empleo

El financiamiento para la realización de las 42 implementaciones, se obtiene a través de los Recursos Fiscales especiales para Proyectos de Inversión Intensivos en Mano de Obra y Carácter Verde, en línea con el Plan de Recuperación Inclusiva del Gobierno “Chile Apoya”, otorgado por DIPRES. Por tanto, a continuación se resume como las implementaciones aportaron en la reactivación económica de un subsector de la construcción y en qué medida.

En la fase de consultorías de ajuste:

Se realizó la contratación de 7 empresas de consultoría para adaptar los 42 proyectos a implementar.

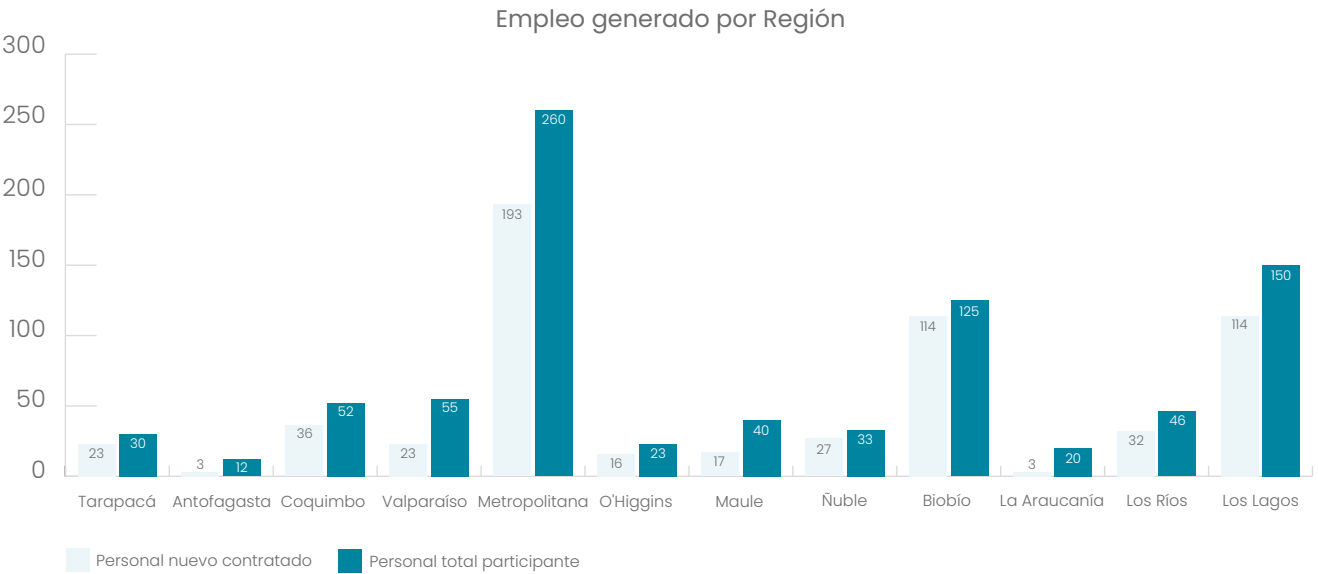
Cada consultor contrató en promedio a 3 personas para formar su equipo de trabajo y llevar a cabo los proyectos adjudicados. Se logra identificar que se generaron en total 20 puestos de trabajo para el desarrollo de la etapa de consultorías de ajuste.

En la fase de Implementación:

Los datos se obtienen con la realización de una encuesta, con un 96% de representatividad, a las empresas contratistas que trabajaron en la ejecución de los servicios:

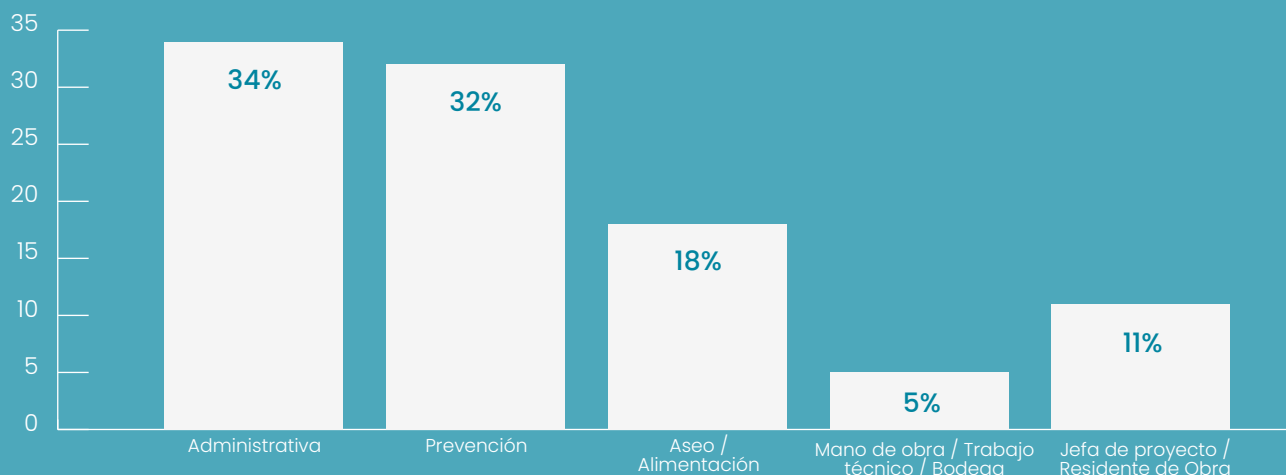
- El 46% de las contrataciones se realizaron a empresas “locales”, es decir empresas que pertenecen a la misma región en la que se encuentra el establecimiento.
- Dentro de las 45 licitaciones realizadas se contrataron 24 empresas diferentes, de estas un 38% corresponde a empresas de la Región Metropolitana y un 62% empresas de otras Regiones del país (en base a la dirección comercial).

Respecto del *empleo generado* se puede asegurar que participaron en la ejecución de los 45 contratos 846 trabajadores en total:



Se puede afirmar que el 53% de los contratos adquirieron 1 o más subcontratos, lo que se tradujo finalmente en 51 empresas subcontratadas, el 56% de estos subcontratistas fueron locales.

Respecto de la *incorporación de mujeres en las obras*, se puede señalar en base a la encuesta realizada, que del total de trabajadores y trabajadoras que participaron en la ejecución de los proyectos (846) solo un 12% fueron mujeres (99) y de estas 45 contratadas específicamente, desempeñaron los siguientes roles:



De acuerdo al estudio “Brechas de Capital Humano en el Subsector de Acondicionamiento Térmico de Edificaciones”, sólo el 14,9% de las empresas a nivel nacional que se dedican al subsector de Acondicionamiento Térmico, contrata a mujeres para estas labores. Es por ello, que la experiencia del Programa Mejor Escuela adquiere mayor relevancia, en su potencial aporte para avanzar en la incorporación de más mujeres a sectores de trabajo tradicionalmente más masculinos, como es la construcción.

Cabe destacar que en la Obra de la escuela El Llano, la empresa contratada, Méndez Schafer construcción y montajes limitada, hizo hincapié en la contratación de mujeres para la realización de los trabajos, resultando ser una experiencia muy exitosa. **Revisa el video aquí** [🔗](#).



5. Cifras Finales del Programa

A inicios del año 2022, el Ministerio de Energía, a través de la Dirección de Presupuestos, asignó más de 19 mil millones para la implementación de 42 proyectos a nivel nacional, dando origen al Programa Mejor Escuela, ejecutado por la Agencia de Sostenibilidad Energética, permitiendo beneficiar a más de 15.000 estudiantes desde Colchane, en la Región de Tarapacá, hasta Quinchao, en la Región de Los Lagos.

En el comienzo del Programa se realizaron 42 ajustes de proyectos previo a las licitaciones, los cuales consistieron en actualizar las necesidades de los establecimientos beneficiarios, dado que los diseños originales se habían realizado entre 2020 y 2021. También se actualizaron los alcances y los presupuestos, según el alza de la UF y precios post pandemia. A medida que fueron finalizando los ajustes se habilitaron los proyectos para iniciar la contratación de servicio de construcción.

Posteriormente, se realizó el proceso de contratación de empresas constructoras, que inició en el mes de diciembre de 2022 y finalizó el mes de octubre 2023.

El monto mínimo de intervención entre todos los proyectos fue de \$109.000.000 y el máximo \$2.004.000.000.



**+19 MIL
MILLONES**

Para implementación



**+1.500
ESTUDIANTES**

Beneficiados



42 PROYECTOS

A nivel nacional



Las licitaciones se realizaron a través de convocatorias abiertas, definidas en 3 categorías en las que se agruparon los establecimientos educacionales a implementar, según los montos de presupuestos de los proyectos. A su vez, en cada categoría se publicaron diferentes llamados, con bases específicas, para ser licitados:



En promedio para categoría 1 (81% de los proyectos), el monto para las intervenciones fue de **253 M\$**. En términos de tiempo de implementación en promedio las obras² se demoraron **144 días**.

Para la categoría 2 en promedio (14% de los proyectos), el monto para las intervenciones fue de **675 M\$**. En términos de tiempo de implementación en promedio las obras se demoraron **218 días**.

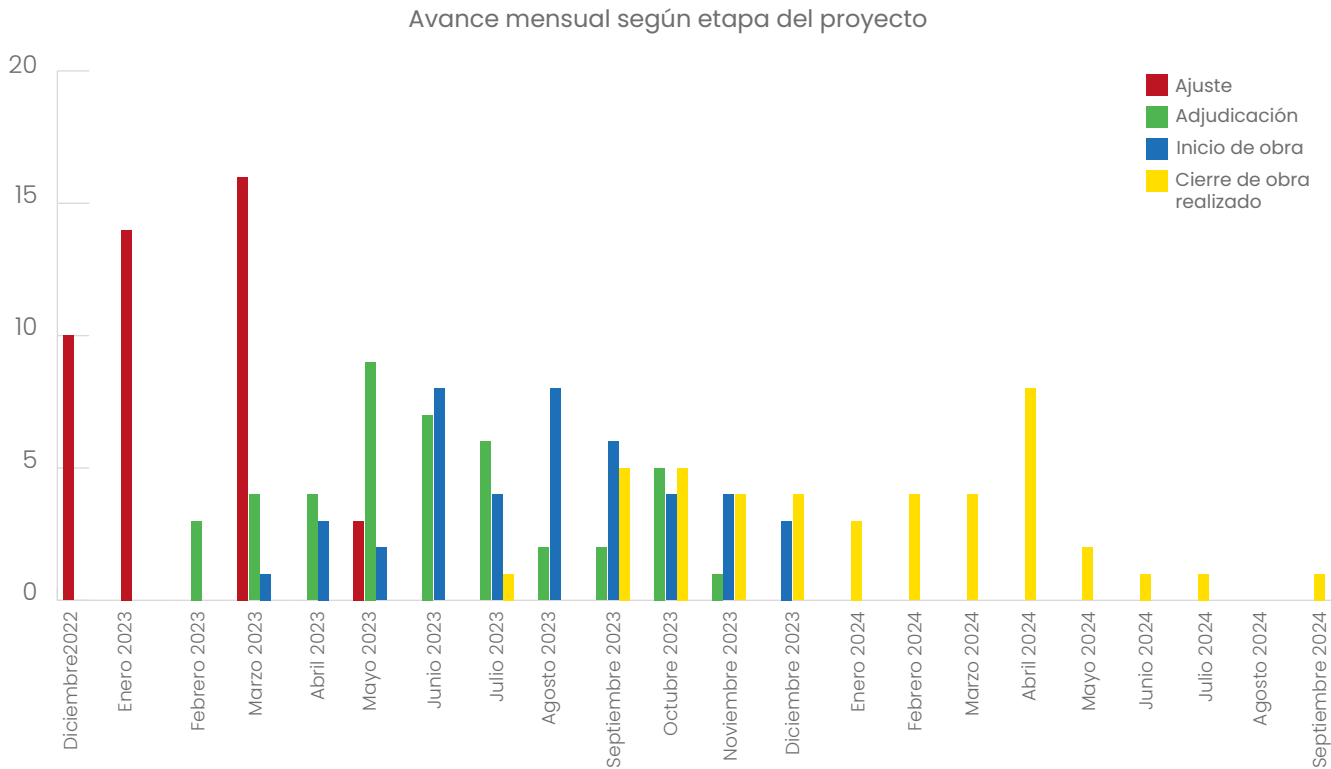
Para la categoría 3 (5% de los proyectos), el monto para las intervenciones fue de **1.700 M\$**. En términos de tiempo de implementación a nivel general las obras se demoraron **305 días**.

Se recibieron **141 ofertas**, por parte de 62 empresas distintas y en promedio el tiempo de adjudicación fue de **62 días** (desde publicación de bases de licitación hasta adjudicación).

El porcentaje de licitaciones desiertas en primera instancia, para la contratación del servicio de construcción, fue del 18%. Cabe destacar que todas las licitaciones desiertas, en primera instancia, fueron nuevamente publicadas, logrando adjudicar el **100% de las obras**.

² El tiempo de implementación de la obra considera el plazo transcurrido entre el hito de arranque (inicio de los trabajos) y la recepción de la obra.

Respecto al avance de los proyectos, el siguiente gráfico muestra la secuencia mensual entre los hitos de ajustes, adjudicación, inicio y cierre de obra. Cabe señalar, que el 100% de las obras iniciaron durante el año 2023 y el 100% finalizaron su ejecución a Septiembre de 2024.



El costo total de implementación en los establecimientos adjudicados bordea los 17 mil millones de pesos. Respecto a la ejecución presupuestaria en la fase de implementación del Programa se observa que se comienzan a ejecutar recursos a partir del mes de marzo 2023, a lo largo del primer año se observa un incremento gradual en la ejecución. Los primeros meses reflejan un incremento moderado, lo que se relaciona con el avance progresivo en la adjudicación de los proyectos.

En cuanto a la distribución del presupuesto, se estableció de la siguiente manera: Un 93% del presupuesto total fue ejecutado para el ajuste e implementación de proyectos, un 5% a los gastos en remuneraciones, y un 2% a gastos administrativos, operacionales y a la medición de resultados en los establecimientos intervenidos.



Inauguración de Escuela María Alvarado
Garay de Panguipulli



CAPÍTULO

2

Análisis de Costos y Gestión de Recursos



En este capítulo se abordan los principales aspectos de la gestión de recursos del Programa Mejor Escuela, junto con el análisis de las variaciones presupuestarias a lo largo de las etapas de diseño, licitación y ejecución. Además, se presentan los resultados del estudio de costos asociados a los proyectos de acondicionamiento térmico, centrados en la evaluación de las principales soluciones constructivas de la envolvente térmica para muros, ventanas, cielos y pisos.

Esta revisión permitirá recopilar las experiencias más relevantes e identificar los factores clave que impactan el presupuesto en proyectos de este tipo, con el objetivo de optimizar los recursos en futuros proyectos y aumentar su replicabilidad.



1. Distribución de los Recursos

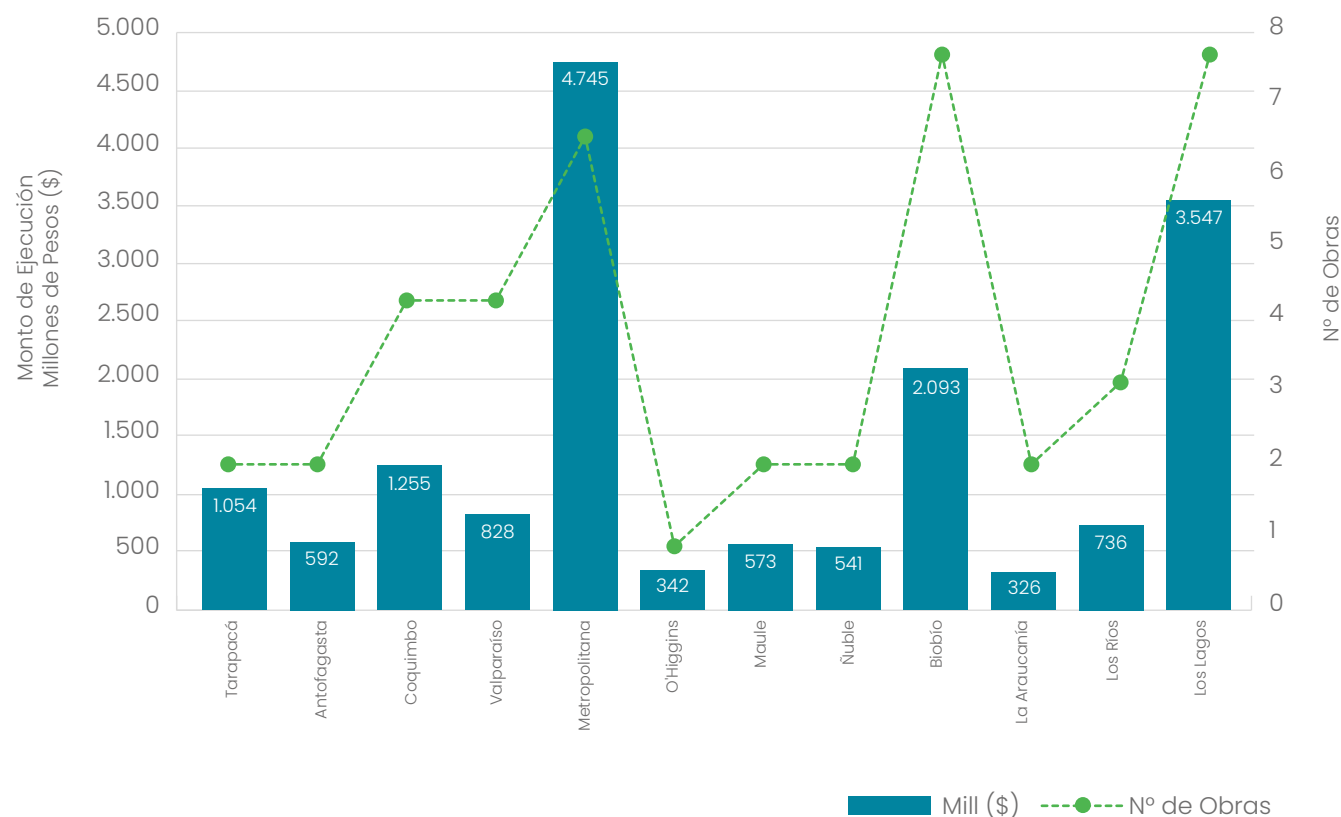
El Programa Mejor Escuela ejecutó 45 contratos (en 42 escuelas beneficiarios) destinados al mejoramiento de la infraestructura escolar pública, con una inversión total de \$17.650 millones de pesos.

Para este análisis, se considerarán los 42 proyectos enfocados en acondicionamiento térmico. Se excluyen del análisis los proyectos de implementación de dos sistemas de calefacción geotérmica de baja entalpía y el proyecto de conservación del Gimnasio del Liceo de Ancud, realizados en la Región de Los Lagos, que en conjunto sumaron \$966,6 millones de pesos.

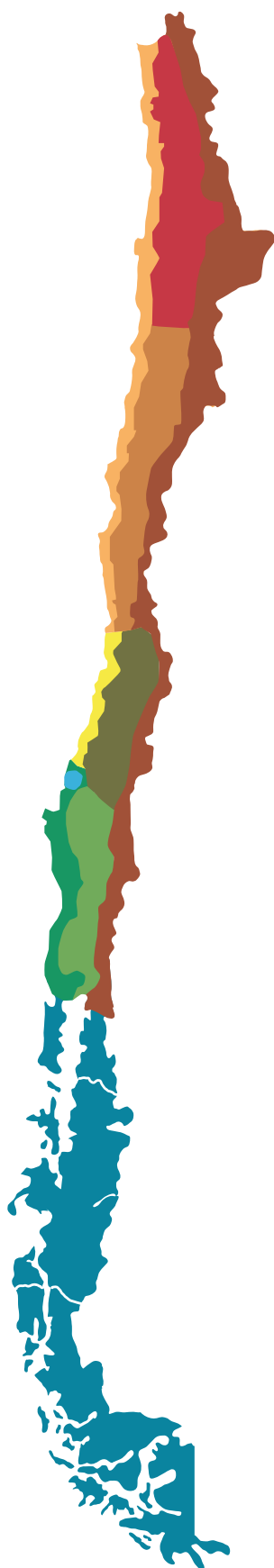
1.1 Distribución de Recursos Regionales

A nivel regional, se llevaron a cabo mejoras de acondicionamiento térmico en escuelas de 12 regiones del país, con una ejecución total de \$16.684 millones de pesos.

Distribución regional de inversión y obras ejecutadas



En esta primera versión del Programa, las regiones de Los Lagos y Biobío concentraron el mayor número de obras ejecutadas. En cuanto a inversión, la Región Metropolitana tiene la mayor inversión total con \$4.754 millones de pesos, seguida por Los Lagos con \$3.547 millones.



1.2 Distribución Según Zona Térmica

Para la elaboración de los proyectos, se consideró la actualización del artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, junto con la Zonificación Térmica contenida en la NCh 1079.

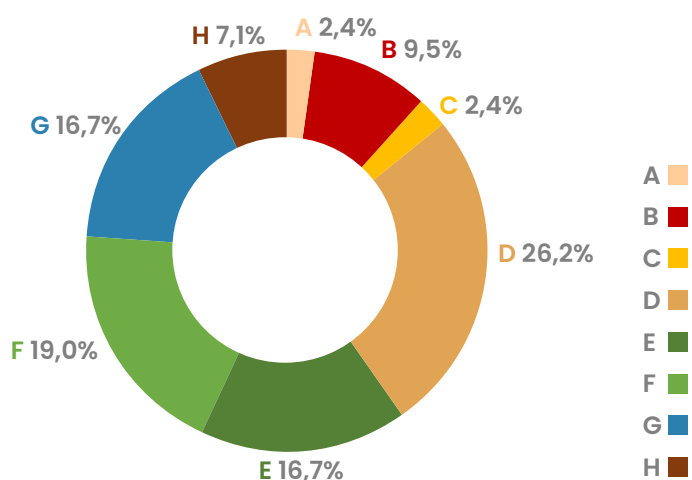
Las zonas térmicas en las cuales se implementó un mayor porcentaje de obras fueron:

Zona D: Abarca las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, donde se localiza el 26,2% de los establecimientos educacionales, caracterizados por un clima mediterráneo en el valle central interior.

Zona F: Con un 19% que incluye establecimientos educacionales pertenecientes a escuelas ubicadas en la zona centro-sur, en las regiones del Biobío, Ñuble, Araucanía y Los Ríos.

Zona E: Con un 16,7% incluye los establecimientos de las regiones del Maule y Biobío, localizadas en las comunas Chanco, Pelluhue, Quirihue, Hualpén, Lota, Arauco y Contulmo.

Zona G: Con un 16,7% que incluye establecimientos educacionales pertenecientes al sur del país, en las comunas de San Pablo, Puyehue, Purranque, San Juan de la Costa, Puerto Varas, Ancud y Quinchao, de la región de Los Lagos.



2. Ejecución Presupuestaria del Programa Mejor Escuela

Uno de los principales desafíos en el desarrollo del Programa Mejor Escuela, fue garantizar el uso eficiente, transparente y responsable de los recursos públicos asignados, asegurando que cada inversión se destinara correctamente a la mejora de la infraestructura educativa.

En el proceso de ejecución presupuestaria, se definieron tres fases estratégicas para dar cumplimiento a las metas establecidas.

Ajuste de Proyectos

La primera etapa se centró en adaptar los diseños de los proyectos elaborados entre los años 2020 y 2021 para cada uno de los establecimientos, con el objetivo de actualizar los alcances, las especificaciones técnicas, ajustar presupuestos y definir el monto máximo de licitación para cada implementación. El propósito de esta fase fue establecer un presupuesto alineado con el estándar técnico y que, al mismo tiempo, promoviera la participación de empresas a nivel nacional.

Adjudicación

La segunda etapa consistió en la contratación de empresas constructoras, mediante un proceso de licitación pública, a través del cual se logró adjudicar la totalidad de los proyectos, por montos acordes a las metas proyectadas. La variación porcentual entre el presupuesto máximo de la licitación, estimado por el equipo Agencia, y el monto adjudicado fue de un -3,8% a nivel global del Programa, logrando una reducción de los costos para esta fase.

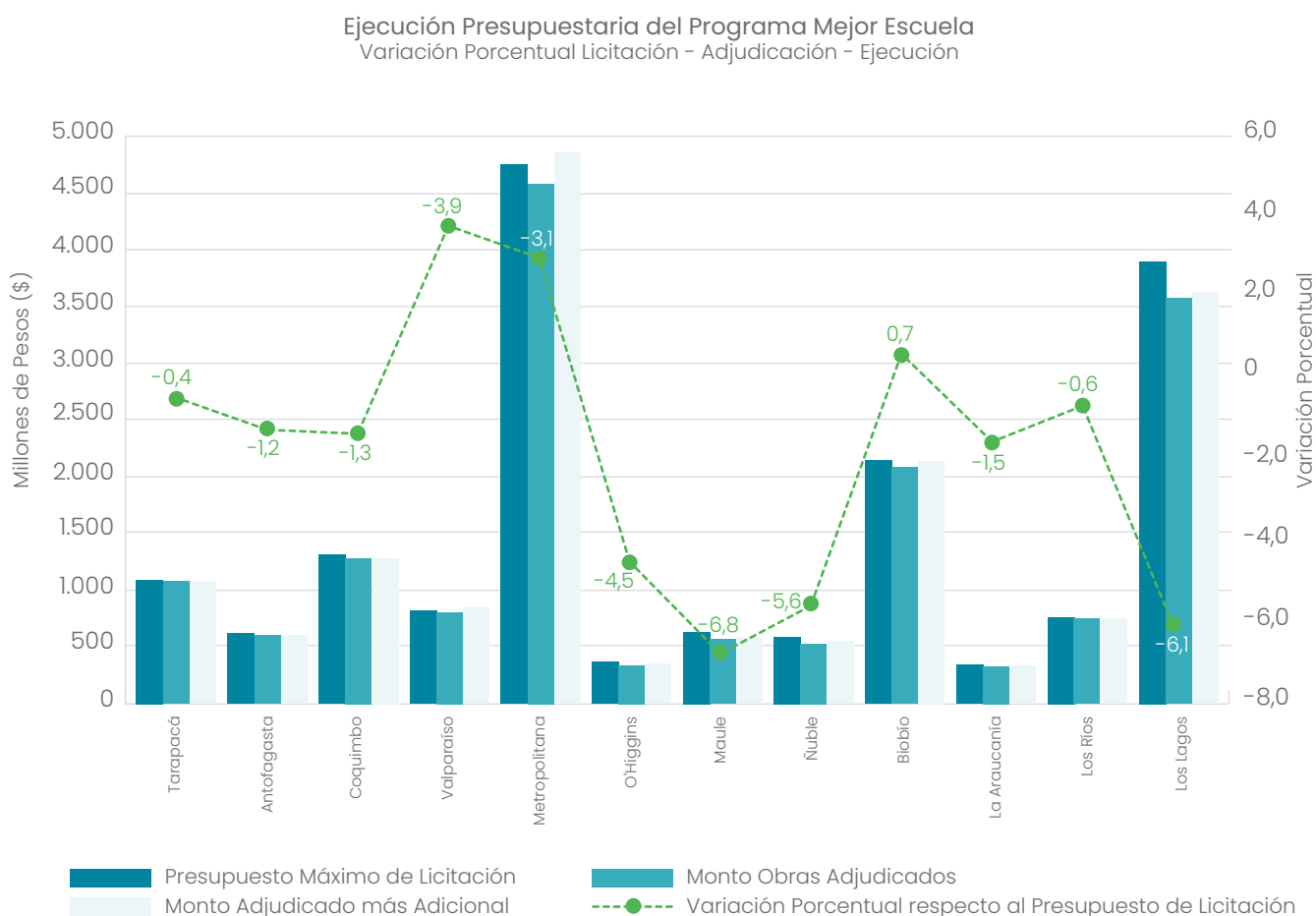
A nivel del Programa el monto adjudicado fue, en promedio, 3,8% menor que el presupuesto máximo de la licitación, estimado por el equipo Agencia, logrando una reducción de los costos para esta fase.



Ejecución

La tercera instancia, correspondió a la implementación de los proyectos de acondicionamiento térmico, incluyendo las intervenciones adicionales que surgieron durante el proceso de ejecución. En términos generales, la variación porcentual de las obras ejecutadas con respecto al presupuesto proyectado fue de -1.0% del total del Programa.

Por ello, se puede concluir, que el monto ejecutado, considerando obras habilitantes adicionales, fue de 1% menos que el presupuesto máximo de la licitación, existiendo un ahorro entre lo proyectado y lo ejecutado, a nivel global del Programa.



Región	Presupuesto máximo de licitación	Monto obras adjudicadas		Monto obras ejecutadas considerando adicionales			
	Monto (\$)	Monto (\$)	Variación porcentual respecto al presupuesto licitación (%)	Monto adjudicado más adicional (\$)	Monto adicional (\$)	Variación porcentual respecto al monto adjudicado (%)	Variación porcentual respecto al presupuesto de licitación (%)
Total	16.804	16.161	-3,8	16.633	471	2,92	-1,0
Tarapacá	1.059	1.054	-0,4	1.054	-	-	-0,4
Antofagasta	599	591	-1,2	592	-	-	-1,2
Coquimbo	1.272	1.255	-1,3	1.255	-	-	-1,3
Valparaíso	797	788	-1,1	828	40	5,0	3,9
Metropolitana	4.603	4.480	-2,7	4.745	265	5,9	3,1
O'Higgins	358	332	-7,2	342	10	2,9	-4,5
Maule	615	558	-9,3	573	16	2,8	-6,8
Ñuble	573	517	-9,8	541	24	4,7	-5,6
Biobío	2.078	2.036	-2,0	2.093	58	2,8	0,7
La Araucanía	331	322	-2,7	326	4	1,3	-1,5
Los Ríos	740	732	-1,1	736	4	0,5	-0,6
Los Lagos	3.770	3.496	-7,5	3.547	52	1,5	-6,1

A partir de estos datos se concluye que, la etapa de ajuste fue fundamental para identificar con precisión los requerimientos de cada proyecto, atraer a más empresas contratistas, incrementar la oferta, fomentar la competencia y optimizar los recursos.

Se logró además, contar con un margen que permitió afrontar requerimientos adicionales durante la fase de implementación, asegurando una ejecución eficiente y alineada con las necesidades del Programa.



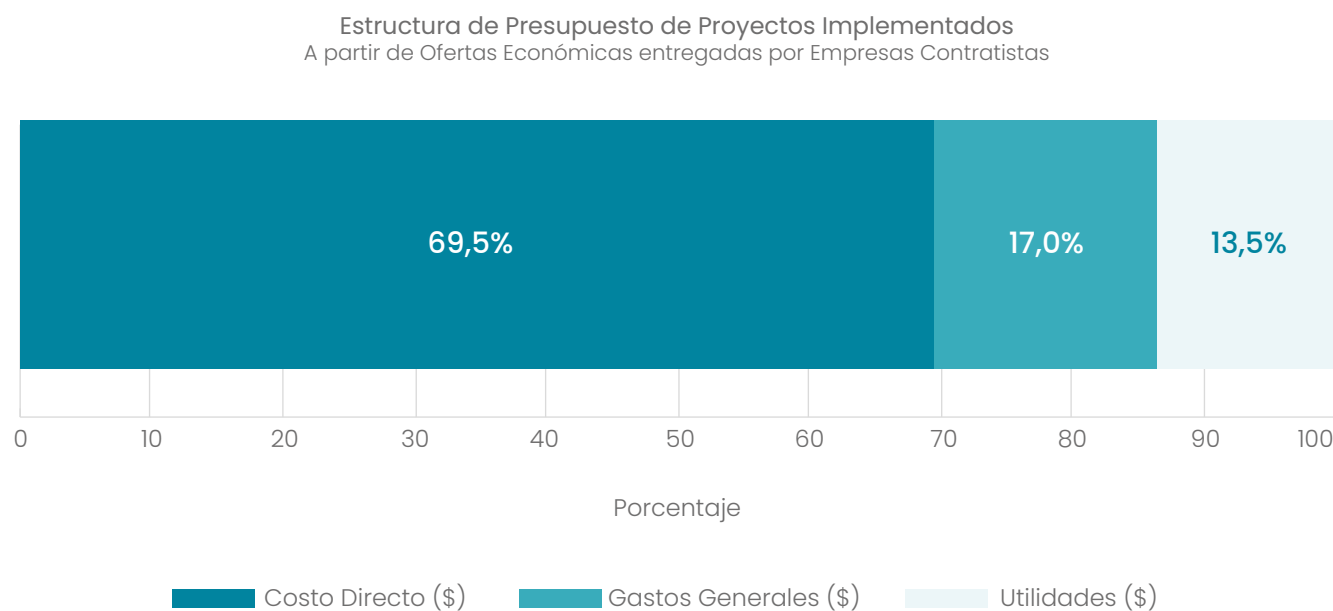
3. Análisis y Resultados de Obras Ejecutadas de Acondicionamiento Térmico

Con el fin de identificar los costos relacionados a las distintas partidas asociadas a los proyectos de acondicionamiento térmico y las oportunidades de mejora en la gestión de los recursos, se presenta el análisis de costos para las obras ejecutadas durante el Programa Mejor Escuela.

3.1 Estructura de Presupuesto

A través de una revisión detallada de los presupuestos de los 42 proyectos ejecutados, se calculó el promedio de los costos directos, los gastos generales y las utilidades por región. Esto permitió obtener una estimación de la estructura presupuestaria tanto a nivel regional como nacional.

Como se observa en el gráfico “Estructura de Presupuesto de Proyectos Implementados”, el 69,5% del presupuesto de las obras correspondió a costos directos, el 17% a gastos generales y el 13,5% a utilidades.



En el contexto del Programa, no se identificaron variaciones significativas en la estructura presupuestaria, atribuibles a la localización geográfica de los proyectos.

Esto podría deberse, en parte, a la participación de empresas locales, las cuales facilitaron una homogeneidad en los costos, independiente de la ubicación de los proyectos, minimizando las diferencias atribuibles a factores regionales.

3.2 Costo Unitario de Partidas de Acondicionamiento Térmico

Este análisis se fundamenta en los datos técnicos y financieros presentados por las 42 empresas adjudicatarias durante la etapa de licitación, de los cuales se extrajeron los valores correspondientes a las principales soluciones térmicas aplicadas en ventanas, muros, cielos y pisos ventilados.

Los resultados reflejan la información proporcionada por las empresas contratistas, por lo tanto, se deben considerar los siguientes aspectos:

El proceso de adjudicación se realizó mediante un contrato a suma alzada, tras una evaluación técnica, administrativa y económica.

Las ofertas de las empresas se evaluaron como un presupuesto global y no por partidas, lo que puede significar que el costo se puede compensar con otros.

Si bien las empresas presentaron un presupuesto global consistente, en algunos ítems específicos se observaron desviaciones respecto al mercado.

Los ajustes de diseño del proyecto se hicieron conforme a las necesidades específicas de cada establecimiento, lo que generó costos más elevados en ciertos casos, para cumplir con las exigencias térmicas.

El análisis de costos consideró la ubicación regional como variable de estudio, sin embargo, no se consideró la proximidad a centros urbanos, lo que también pudo influir en los valores.



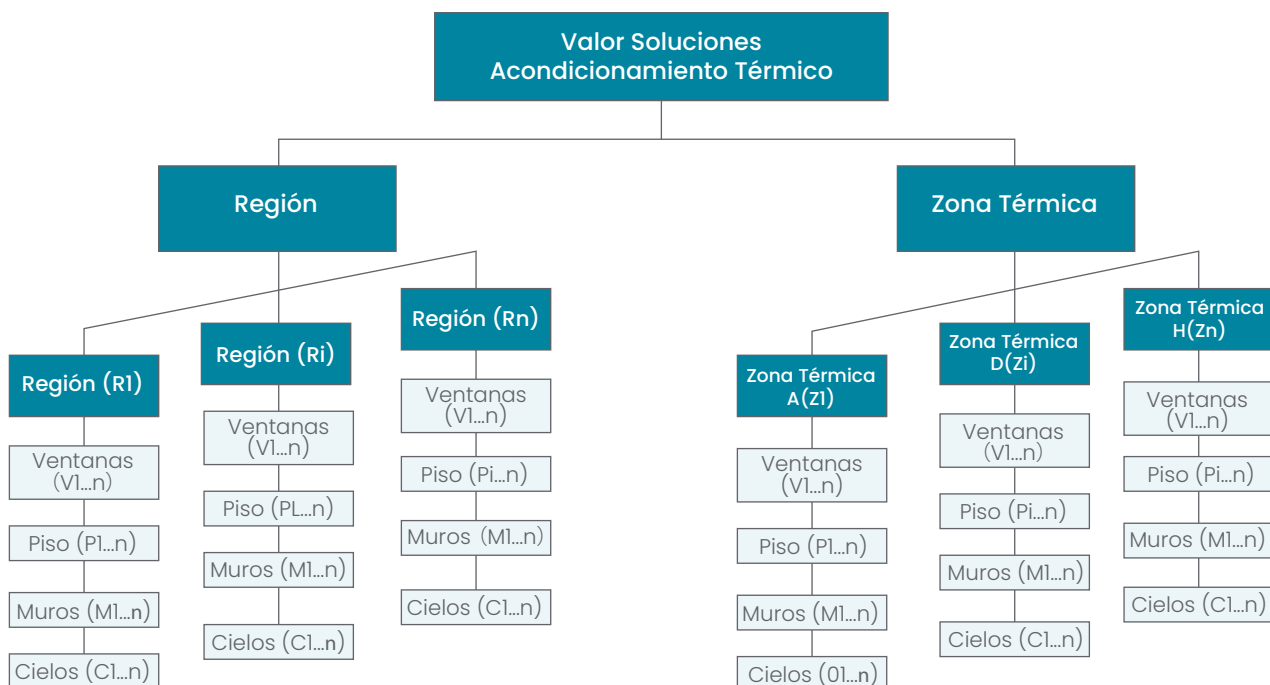
Para asegurar la homogeneidad de los datos, se excluyeron aquellas partidas relacionadas con la conservación y las obras habilitantes que no forman parte directamente de las intervenciones de eficiencia energética.

Para estimar el costo del metro cuadrado de las soluciones constructivas para la envolvente térmica, se analizó el valor entregado por las empresas constructoras en pesos corrientes, los cuales se transformaron a unidades de fomento (UF), empleando su valor promedio del año 2023.

Con base en las consideraciones anteriores, el estudio proporciona una aproximación a los precios unitarios de las soluciones constructivas de la envolvente térmica.

Método de Análisis

El estudio se llevó a cabo, mediante un análisis pormenorizado en cada una de las regiones donde se ejecutaron proyectos de acondicionamiento térmico, clasificando los datos según la zona térmica correspondiente, para las principales soluciones constructivas.



Se revisaron todas las soluciones de acondicionamiento térmico aplicadas en muros, ventanas, pisos y cielos, agrupándolas según similitudes técnicas para establecer las partidas o tipologías más utilizadas, las cuales se describen en los apartados siguientes. Una vez identificadas las distintas intervenciones, se cuantificaron los metros cuadrados asociados a cada una, según región y zona térmica.

El cálculo del costo por metro cuadrado de cada solución térmica consideró las particularidades constructivas de cada elemento, en relación con su ubicación geográfica. Se aplicó un promedio ponderado por región y zona térmica, lo que permitió estimar un valor representativo para cada tipo de solución.

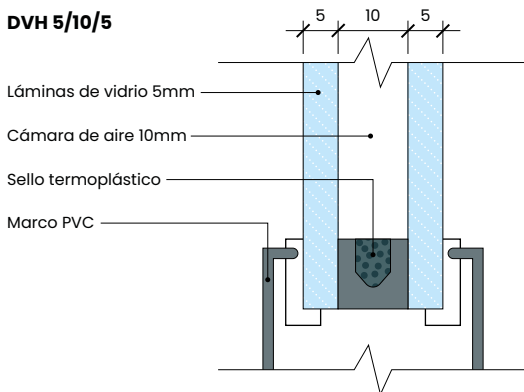
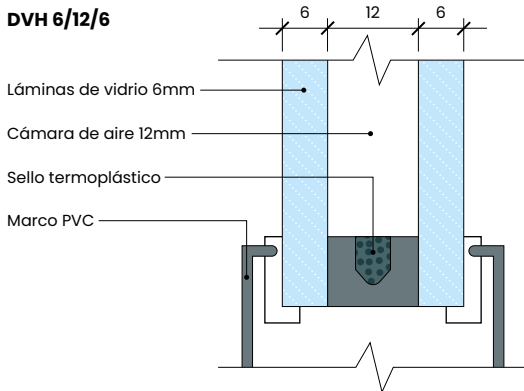
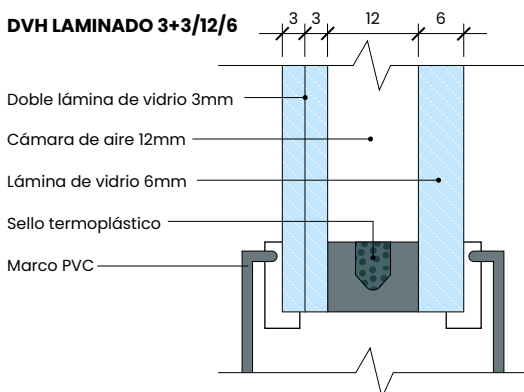
Es importante destacar que, el costo estimado para cada solución responde tanto a las características técnicas, como de emplazamiento particulares de cada proyecto pudiendo estar influenciado por el mercado de las empresas proveedoras de materiales y contratistas.



Superficies Vidriadas

Para estimar el valor del recambio de superficies vidriadas en establecimientos escolares, se incluyó el valor correspondiente al suministro e instalación de doble vidriado hermético, con marcos de PVC, sellos y burletes.

Las tres configuraciones más implementadas dentro del Programa Mejor Escuela fueron las siguientes:

CARACTERÍSTICAS ³	ESQUEMA
<p>DVH 5/10/5</p> <p>El sistema de Doble Vidrio Hermético (DVH) está compuesto por láminas de vidrio selladas herméticamente por un sello termoplástico, permitiendo entre ambas una cámara de aire que mejora sus capacidades térmicas y acústicas. En el caso del DVH 5/10/5 el espesor de las láminas de vidrio es de 5mm y la cámara de aire central de 10mm. Valor $U=3,01 \text{ W/m}^2\text{K}$, en caso de utilizar low e, el valor U disminuye a $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.</p>	<p>DVH 5/10/5</p>  <p>Láminas de vidrio 5mm</p> <p>Cámara de aire 10mm</p> <p>Sello termoplástico</p> <p>Marco PVC</p>
<p>DVH 6/12/6</p> <p>El DVH 6/12/6 mantiene la lógica de dos láminas exteriores de vidrio y la cámara interior de aire. En este caso las láminas son de 6mm de espesor y el interior es de 12mm. Valor $U=2,85 \text{ W/m}^2\text{K}$, en caso de utilizar low e, el valor U disminuye a $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.</p>	<p>DVH 6/12/6</p>  <p>Láminas de vidrio 6mm</p> <p>Cámara de aire 12mm</p> <p>Sello termoplástico</p> <p>Marco PVC</p>
<p>DVH Laminado 3+3/12/6</p> <p>El termopanel DVH Laminado 3+3/12/6 está compuesto por una lámina de vidrio laminado de 6 mm, formada por dos vidrios de 3 mm unidos por una capa intermedia, y una segunda lámina de vidrio de 6 mm de espesor, separadas por una cámara de aire de 12 mm. Valor $U=2,85 \text{ W/m}^2\text{K}$, en caso de utilizar low e, el valor U disminuye a $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.</p>	<p>DVH LAMINADO 3+3/12/6</p>  <p>Doble lámina de vidrio 3mm</p> <p>Cámara de aire 12mm</p> <p>Lámina de vidrio 6mm</p> <p>Sello termoplástico</p> <p>Marco PVC</p>

³ Valores U para ventanas proyectantes.

Cabe destacar que, debido a que las intervenciones se realizaron sobre infraestructura existente, no se incluyeron en el valor las partidas correspondientes al retiro de ventanas ni a la reparación de vanos, dado las particularidades de cada proyecto.

En cuanto a la especificación técnica de las láminas con tratamiento Low-E, no se observaron variaciones significativas en el precio, por lo que dicha variable no fue considerada en el estudio.

Región	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Valor Promedio Ponderado UF/m ²	6,54	8,07	6,40	6,75	6,77	5,94	5,90	6,76	6,94
Tarapacá	7,87	8,07	-	-	-	-	-	-	6,94
Antofagasta	6,41	-	6,39	-	-	-	-	-	6,75
Coquimbo	6,46	-	6,41	6,75	-	-	-	-	-
Valparaíso	7,85	-	-	-	7,85	-	-	-	-
Metropolitana	6,47	-	-	-	6,47	-	-	-	-
O'Higgins	6,77	-	-	-	6,77	-	-	-	-
Maule	7,01	-	-	-	-	7,01	-	-	-
Ñuble	5,90	-	-	-	-	5,51	7,03	-	-
Biobío	6,10	-	-	-	-	5,93	6,05	-	6,95
La Araucanía	5,90	-	-	-	-	-	5,90	-	-
Los Ríos	5,67	-	-	-	-	-	5,67	-	-
Los Lagos	6,76	-	-	-	-	-	-	6,76	-

Valor Promedio Ponderado UF/m² por región y zona térmica

Para las ventanas estudiadas, se presentan los valores promedio tanto a nivel nacional como por zona térmica, los cuales están directamente relacionados con sus características técnicas, la primera configuración de DVH 5/10/5 tiene un valor de **6,46 UF/m²**, seguido del DVH 6/12/6 con un costo estimado de **6,6 UF/m²**.

El termopanel laminado (3+3/12/6) presenta el costo más alto de **7 UF/m²**, debido a su proceso de fabricación más elaborado, los materiales empleados, su mayor resistencia a impactos que aporta mayor seguridad, y sus propiedades tanto térmicas como acústicas.

Tipo de Ventanas	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio ponderado UF/m ²	6,54	8,07	6,40	6,75	6,77	5,94	5,90	6,76	6,94
DVH 5/10/5	6,46	8,07	5,06	-	6,77	5,55	5,87	6,76	6,94
DVH 6/12/6	6,60	-	-	6,75	-	6,23	6,60	-	-
DVH 3+3/12/6	7,00	-	8,32	6,75	-	6,58	5,25	-	-

Tipos de ventana Valor Promedio (UF/m²) por región y zona térmica.

Complejo de Muros

Durante la etapa de diseño, se evaluaron diversas soluciones para la envolvente de muros, teniendo en cuenta la antigüedad, tipología y estado de conservación de las edificaciones. En este proceso, se desarrollaron más de quince detalles constructivos, adaptados a las exigencias técnicas específicas de los diferentes tipos de infraestructura.

Para el estudio se seleccionaron las cuatro soluciones más implementadas, aplicadas tanto en muros sólidos, como los de albañilería u hormigón, como en muros livianos de tabiquería de madera o acero.



Escuela Básica Valle Alegre de Calle Larga, Región de Valparaíso.

MURO	CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Sólido	<p>Sistema EIFS</p> <p>Para aquellos muros de hormigón armado o albañilería, la solución más utilizada fue el sistema EIFS (Exterior Insulation Finish System), método constructivo que combina la aislación térmica, revestimiento y acabado exterior.</p>	<p>Pintura texturizada</p> <p>Estuco elastomérico</p> <p>Malla de fibra de vidrio</p> <p>Poliestireno expandido (EPS)</p> <p>Mortero adhesivo</p> <p>Muro existente</p> <p>Terminación interior existente</p>
	<p>Sistema Mixto</p> <p>Está compuesto por una sobresubestructura de madera habitualmente de 2x2", poliestireno expandido (EPS), plancha de OSB. Para finalizar con la ejecución del sistema EIFS.</p>	<p>Pintura texturizada</p> <p>Estuco elastomérico</p> <p>Malla de fibra de vidrio</p> <p>Poliestireno expandido (EPS)</p> <p>Mortero adhesivo</p> <p>Plancha OSB</p> <p>Cámara de aire</p> <p>Poliestireno expandido (EPS)</p> <p>Barrera de vapor</p> <p>Sobre tabique 2"x2"</p> <p>Muro existente</p> <p>Terminación interior existente</p>
Tabiquería	<p>Aislación Tabiquería</p> <p>Considera el retiro del revestimiento existente, instalación de barrera de vapor, lana de vidrio, placa OSB, subestructura exterior de madera 2x2", EPS, plancha de OSB, barrera de humedad y revestimiento de fibrocemento.</p>	<p>Lana de vidrio</p> <p>Barrera de vapor</p> <p>Plancha OSB</p> <p>Sobre tabique 2"x2"</p> <p>Poliestireno expandido (EPS)</p> <p>Cámara de aire</p> <p>Plancha OSB</p> <p>Barrera de humedad</p> <p>Siding de fibrocemento</p> <p>Revestimiento interior existente</p> <p>Tabiquería existente</p>
	<p>Revestimiento Nuevo</p> <p>Se contempla el recambio del revestimiento interior, con barrera de vapor, lana de vidrio, placa OSB, subestructura exterior de madera 2x2", EPS, plancha de OSB, barrera de humedad y siding de fibrocemento.</p>	<p>Barrera de vapor</p> <p>Plancha OSB</p> <p>Sobre tabique 2"x2"</p> <p>Poliestireno expandido (EPS)</p> <p>Cámara de aire</p> <p>Plancha OSB</p> <p>Barrera de humedad</p> <p>Siding de fibrocemento</p> <p>Lana de vidrio</p> <p>Recambio revestimiento interior</p> <p>Tabiquería existente</p>

La siguiente tabla muestra los costos de aislación térmica de muros, considerando el promedio a nivel nacional del Programa incluyendo las 4 soluciones, mencionada en la tabla anterior:

Región	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m²	1,88	1,09	1,10	0,92	1,77	1,63	1,93	2,64	2,47
Tarapacá	1,56	1,09	-	-	-	-	-	-	3,48
Antofagasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coquimbo	1,07	-	1,10	0,92	-	-	-	-	-
Valparaíso	1,37	-	-	-	1,37	-	-	-	-
Metropolitana	1,87	-	-	-	1,87	-	-	-	-
O'Higgins	1,38	-	-	-	1,38	-	-	-	-
Maule	1,72	-	-	-	-	1,72	-	-	-
Ñuble	2,36	-	-	-	-	2,36	2,36	-	-
Biobío	1,53	-	-	-	-	1,43	1,43	-	1,86
La Araucanía	2,90	-	-	-	-	-	2,90	-	-
Los Ríos	2,52	-	-	-	-	-	2,52	-	-
Los Lagos	2,64	-	-	-	-	-	-	2,64	-

Valor Promedio Ponderado (UF/m²) de muros por región y zona térmica

En relación con el valor promedio por región y zona térmica, se destacan las **zonas G y H con 2,59 UF/m² y 2,47 UF/m²** respectivamente, las cuales, según la norma, presentan los requisitos más estrictos en cuanto a los valores de transmitancia térmica en los muros perimetrales.

Si se analiza el precio por soluciones implementadas, se puede concluir lo siguiente:

Para la aislación sobre muros sólidos, se observa que, en valor promedio en las regiones intervenidas, la opción más económica corresponde al sistema EIFS con **1,75 UF/m²**, seguido por el sistema mixto **1,83 UF/m²**. Por otro lado, la aislación en muros de tabiquería presenta un costo de ejecución más elevado, debido a su configuración constructiva, mayor uso de materiales y mano de obra. Se puede destacar que la zona térmica donde se implementa el proyecto es fundamental a tomar en consideración dado que los valores varían considerablemente de una zona a otra, debido a la exigencia normativa.

Soluciones de AT en Muros	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m ²	1,88	1,09	1,10	0,92	1,77	1,63	1,93	2,64	2,47
Sistema EIFS	1,75	1,09	1,10	-	1,62	1,60	1,58	2,68	2,92
Sistema Mixto	1,83	-	-	0,92	2,83	-	-	-	-
Aislación en Tabique	2,46	-	-	-	3,04	2,24	2,15	-	2,23
Aislación en Tabique Rev. Nuevo	2,56	-	-	-	-	-	2,61	2,54	-

Valor Promedio Ponderado (UF/m²) de muros por región y zona térmica

Es pertinente señalar que, al menos el 60% de los establecimientos en uno o más pabellones fueron intervenidos mediante el sistema EIFS. Por ello, se realizó una evaluación de los costos asociados a esta partida dentro del Programa, en función de los principales espesores de dicho sistema.

Si se analiza el detalle del sistema EIFS, se puede concluir que las soluciones con espesores inferiores a 50mm, utilizadas en las zonas térmicas A y B, presentan un valor promedio de **1,09 UF/m²**. En contraste, las soluciones con espesores superiores a 80mm, aplicadas en las zonas F, G y H, alcanzan un valor promedio de **2,79 UF/m²**. Al comparar ambas, se evidencia una variación porcentual del 39,2%, lo que indica una correlación entre el espesor y las exigencias térmicas de cada zona.

Sistema EIFS	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m ²	1,75	1,09	1,10	-	1,62	1,60	1,58	2,68	2,92
Menos 50mm	1,09	1,09	1,09	-	-	-	-	-	-
Entre 50-60mm	1,59	-	1,42	-	1,62	1,35	-	1,63	-
Entre 70-80mm	1,66	-	-	-	-	1,78	1,57	-	1,67
Más de 80mm	2,79	-	-	-	-	-	1,76	2,77	3,34

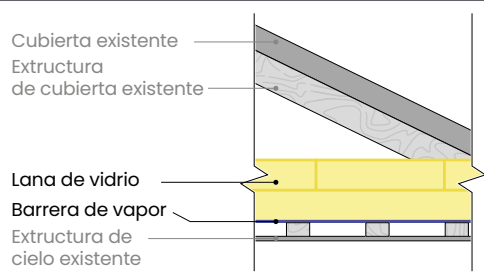
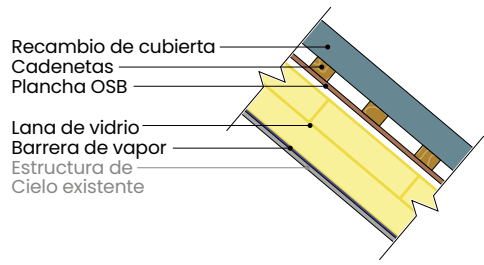
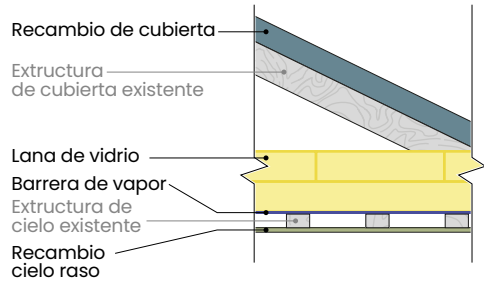
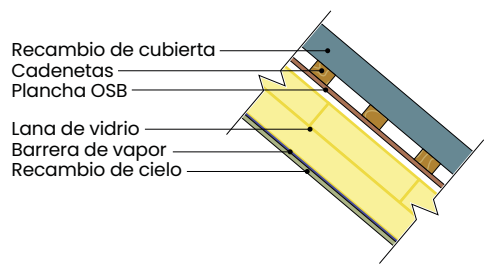
Promedio Ponderado EIFS (UF/m²) por región y zona térmica

Finalmente, es importante señalar que los costos asociados a las soluciones de muros, dependen del estado de conservación y nivel de aislación existente, por lo tanto los requerimientos técnicos como constructivos, pueden afectar el valor, independiente de las exigencias térmicas según la zona.

Cielos

A partir de las características particulares de cada establecimiento, en lo referente a diseño de cubierta, estructura y estado de conservación, se identificaron cuatro tipos de soluciones de aislación térmica para techumbres.

Los dos primeros tipos, consisten en la aplicación de aislación sobre el revestimiento existente, tanto en techos horizontales como inclinados. Sin embargo, en aquellas escuelas donde esta solución no era factible, se optó por la aislación desde el interior y el reemplazo del revestimiento del cielo como alternativa.

CARACTERÍSTICAS	DETALLE CONSTRUCTIVO
<p>Aislación sobre cielo horizontal</p> <p>Se consideró lana de vidrio o mineral, sobre revestimiento existente.</p>	 <p>Cubierta existente Estructura de cubierta existente Lana de vidrio Barrera de vapor Estructura de cielo existente</p>
<p>Aislación sobre cielo inclinado</p> <p>Para aquellos casos donde se ejecutó cambio de cubierta y fue posible mantener revestimiento de cielo interior, se consideró la instalación de dos capas de aislación térmica de EPS o lana mineral.</p>	 <p>Recambio de cubierta Cadenetas Plancha OSB Lana de vidrio Barrera de vapor Estructura de Cielo existente</p>
<p>Aislación sobre cielo horizontal con revestimiento interior</p> <p>Incluye aislación horizontal con lana de vidrio o mineral y recambio de revestimiento interior con plancha de volcanita y pintura.</p>	 <p>Recambio de cubierta Estructura de cubierta existente Lana de vidrio Barrera de vapor Estructura de cielo existente Recambio cielo raso</p>
<p>Aislación sobre cielo inclinado con revestimiento interior</p> <p>Se consideró la ejecución de revestimiento interior habitualmente a través de volcanita, barrera de vapor, subestructura de madera e instalación de dos capas de aislación térmica. (EPS)</p>	 <p>Recambio de cubierta Cadenetas Plancha OSB Lana de vidrio Barrera de vapor Recambio de cielo</p>

Es relevante señalar que, el estudio consideró la implementación de aislación sobre el cielo existente y la ejecución de aislación con renovación del revestimiento interior. Este último método, posee un mayor costo, debido al proceso de instalación, materiales y la mano de obra involucrados.

En consecuencia, en regiones como Antofagasta y Los Lagos, fue posible implementar soluciones de acondicionamiento térmico en los cielos, sin necesidad de renovar el revestimiento interior existente, lo que explica el menor costo en dichas áreas.

La siguiente tabla muestra el valor promedio, en UF/m^2 , de la partida de aislación de cielos, considerando el promedio ponderado a nivel de Programa incluyendo las 4 soluciones mencionadas en la tabla anterior, agregado por región y zona térmica:

Región	Valor Promedio Ponderado UF/m^2	Zona Térmica							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Valor Promedio Ponderado UF/m^2	0,88	1,24	0,55	0,91	1,01	1,26	1,09	0,51	1,12
Tarapacá	1,46	1,24	-	-	-	-	-	-	2,17
Antofagasta	0,19	-	0,19	-	-	-	-	-	-
Coquimbo	0,88	-	0,87	0,91	-	-	-	-	-
Valparaíso	1,46	-	-	-	1,46	-	-	-	-
Metropolitana	0,95	-	-	-	0,95	-	-	-	-
O'Higgins	0,55	-	-	-	0,55	-	-	-	-
Maule	1,49	-	-	-	-	1,49	-	-	-
Ñuble	1,22	-	-	-	-	1,07	1,65	-	-
Biobío	0,89	-	-	-	-	1,20	0,81	-	0,64
La Araucanía	1,78	-	-	-	-	-	1,78	-	-
Los Ríos	1,18	-	-	-	-	-	1,18	-	-
Los Lagos	0,51	-	-	-	-	-	-	0,51	-

Valor Promedio Ponderado (UF/m^2) de Cielos por región y zona térmica.



Al realizar el análisis por soluciones y por zonas térmicas, se puede concluir que las soluciones con cambio de revestimiento interior para cielo horizontal e inclinado, poseen un valor estimado promedio de 1,47UF/m² y 1,49 UF/m² respectivamente, variando según la zona térmica.

Solución de Aislación en Cielos	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m²	0,88	1,24	0,55	0,91	1,01	1,26	1,09	0,51	1,12
Cielo Horizontal	0,55	-	0,18	0,21	0,85	0,84	0,59	0,48	0,69
Cielo Horizontal + Rev Nuevo	0,65	-	-	-	0,67	-	0,78	-	0,61
Cielo Inclinado	1,47	1,24	1,15	0,85	1,90	1,78	1,65	-	1,89
Cielo Inclinado + Rev Nuevo	1,49	-	1,38	0,99	1,53	1,51	1,50	1,59	2,63

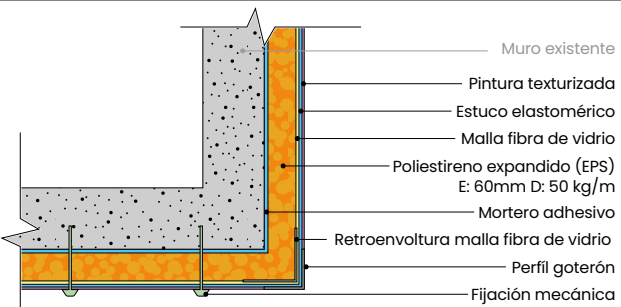
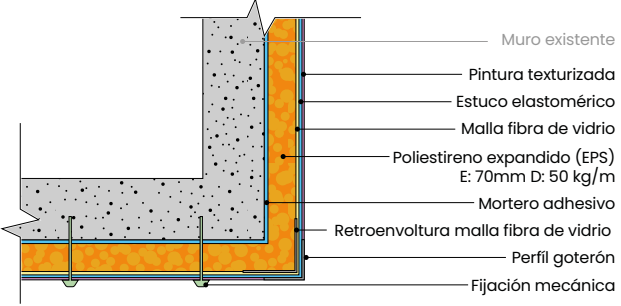
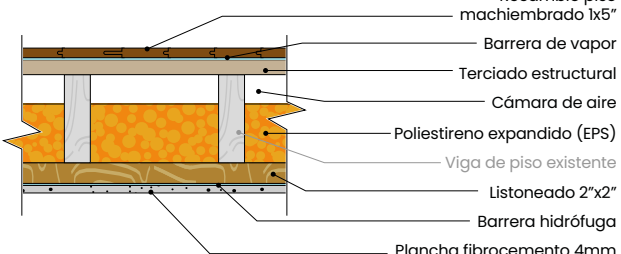
Valor Promedio Ponderado (UF/m²) de las Principales Soluciones de Cielos por zona térmica.



3.2.5 Pisos Ventilados

Durante la implementación del Programa Mejor Escuela, fue relevante aislar adecuadamente los pisos ventilados para mitigar problemas de humedad y puentes térmicos en la envolvente, especialmente en establecimientos de la zona centro-sur.

Se evaluaron las tres soluciones más utilizadas, adaptadas a las características y requerimientos específicos.

CARACTERÍSTICAS	DETALLE CONSTRUCTIVO
<p>Sistema EIFS – 60mm d: 20kg/m3</p> <p>Se considera la ejecución del sistema EIFS para pisos de losas de hormigón con un espesor inferior a 60mm de espesor y una densidad de 20kg/m3.</p>	
<p>Sistema EIFS – 70mm d: 20kg/m3</p> <p>Se considera la instalación del sistema EIFS para pisos de losas de hormigón con un espesor superior a 70mm de espesor y una densidad de 20kg/m3.</p>	
<p>Aislación para pisos ventilados de tabiquería</p> <p>Contempla la renovación del piso machimbrado 1x5", barrera de vapor, terciado estructural, EPS, listoneado 2x2", barrera hidrófuga, plancha fibrocemento 4mm.</p>	

La siguiente tabla muestra el valor promedio, en UF/m², de la partida de aislación de pisos ventilados, considerando el promedio ponderado incluyendo las 3 soluciones mencionadas en la tabla anterior, agregado por región y zona térmica:

Región	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m²	2,65	1,69	-	-	1,92	1,53	1,80	3,31	-
Tarapacá	1,69	1,09	-	-	-	-	-	-	-
Antofagasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coquimbo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valparaíso	1,82	-	-	-	1,82	-	-	-	-
Metropolitana	2,03	-	-	-	2,03	-	-	-	-
O'Higgins	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maule	2,15	-	-	-	-	2,15	-	-	-
Ñuble	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biobío	1,47	-	-	-	-	1,36	1,81	-	-
La Araucanía	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Los Ríos	1,80	-	-	-	-	-	1,80	-	-
Los Lagos	3,31	-	-	-	-	-	-	3,31	-

Valor Promedio Ponderado (UF/m²) de pisos ventilados por región y zona térmica.

El valor promedio, para las Obras implementadas en el Programa Mejor Escuela entre 2023 y 2024, para la aislación de pisos ventilados es de 2,65 UF/m² del total de las obras ejecutadas. La Región de los Lagos posee el valor más alto con 3,31 UF/m², debido a las exigencias normativas de la zona G.

Piso Ventilado	Valor Promedio Ponderado UF/m ²	Zona Térmica							
		A (UF)	B (UF)	C (UF)	D (UF)	E (UF)	F (UF)	G (UF)	H (UF)
Valor Promedio Ponderado UF/m²	2,65	1,69	-	-	1,92	1,53	1,80	3,31	-
Losa – Sistema EIFS menos 60mm	1,56	1,69	-	-	-	1,36	-	1,65	-
Losa – Sistema EIFS sobre 70mm	1,94	-	-	-	1,92	2,15	1,81	-	-
Piso Tabiquería	3,70	-	-	-	-	-	1,80	3,79	-

Valor Promedio Ponderado (UF/m²) de las Principales Soluciones de pisos ventilados por zona térmica.

En cuanto a los tipos de solución aplicadas a los pisos ventilados, la tabiquería muestra el costo de ejecución más elevado con **3,7 UF/m²**, producto de su complejidad constructiva, materiales y mano de obra.

4. Factores incidentes en los costos

Durante la implementación del Programa Mejor Escuela, se identificaron distintos factores clave que inciden en los costos de los proyectos de acondicionamiento térmico. A partir del análisis económico y de la experiencia práctica, se sugiere que estas variables sean consideradas para estimar un mejor presupuesto, lo cual reduce los riesgos al momento de implementar y asegura una gestión más eficiente de los recursos públicos.

Mercado de Empresas Contratistas

Es primordial fortalecer la competitividad del mercado, mediante una adecuada difusión, el diseño de proyectos adaptados al contexto y la formulación de presupuestos que favorezcan la participación de empresas calificadas. El 46% de las empresas adjudicadas dentro del Programa fueron locales, gracias a la colaboración de diversas entidades que impulsaron su participación. La presencia de empresas locales en las licitaciones permite reducir los costos generales asociadas a la implementación además de promover la generación de empleos locales. Asimismo, se buscaron equilibrios presupuestarios para permitir que empresas de otras regiones participaran en zonas con menor presencia de especialistas.

De manera general, es importante conocer el mercado de potenciales empresas implementadoras y considerar un presupuesto que permite generar una competencia justa, tomando en consideración la presencia o no de empresas locales y el tamaño de esas (eso afecta la espalda financiera que puedan tener y por lo tanto los costos generales y el flujo financiero del proyecto).

Territorialidad

Si bien no fue posible identificar diferencias significativas en los presupuestos declarados por las empresas contratistas en función de la ubicación geográfica de los proyectos, se observó durante la fase de ejecución, que las obras ubicadas en áreas alejadas de centros urbanos o proveedores específicos enfrentaron mayores costos operacionales. Estos incrementos estuvieron asociados al transporte de materiales y equipos, gastos de alojamiento, así como





a la necesidad de extender los plazos, lo que impactó en algunos casos los resultados de las empresas contratistas. De manera general, se puede concluir que las zonas con un clima adverso (largos periodos de lluvia o vientos) o con una ubicación alejada de algún centro urbano dan origen a la necesidades de mayor plazo de implementación y por lo tanto un mayor costo final

Formulación de Proyectos

Es fundamental realizar un levantamiento detallado de los requerimientos para la envolvente térmica como de las obras habilitantes y de conservación de la infraestructura existente. Lo anterior, permite minimizar los costos asociados a imprevistos durante la etapa de implementación y asegurar la precisión en la definición de soluciones, cubicaciones y especificaciones técnicas, lo cual es relevante para evitar sobrecostos.

Condiciones Climáticas

Considerar las condiciones climáticas es indispensable, especialmente en regiones con climas extremos o lluviosos, ya que pueden extender los tiempos de ejecución y generar la necesidad de recursos adicionales para proteger los trabajos, prevenir deterioros o en algunos casos, detener temporalmente el avance del proyecto. Dichas situaciones pueden impactar los recursos y la planificación de las empresas contratistas, por lo que es esencial que el ente administrador del contrato anticipe y active alertas tempranas para tomar los resguardos necesarios.



CAPÍTULO

3

**Levantamiento
Arquitectónico
para Acondi-
cionamiento
Térmico**



Este capítulo aborda la relevancia fundamental de una adecuada selección de los establecimientos para garantizar el éxito de los proyectos. En él, se exponen criterios generales y se ofrecen recomendaciones prácticas para optimizar este proceso clave.

Además, se comparte la experiencia adquirida durante el levantamiento en terreno, etapa en la que se evaluó la situación actual de los establecimientos como punto de partida para el diseño del proyecto. Como complemento, se pone a disposición una planilla descargable que funciona como herramienta de apoyo para facilitar y estandarizar este procedimiento.

1. Selección de los 42 Establecimientos Beneficiados

Para el desarrollo del Programa la Subsecretaría de Energía propuso un trabajo colaborativo con la Dirección de Educación Pública, la Agencia de Sostenibilidad Energética, los Servicios locales de Educación, Municipios (DAEM) y Corporaciones Municipales de Educación, lo que se tradujo en el desarrollo de más de 200 proyectos de conservación entre el 2020 y el 2021. Posteriormente se identificó que 132 proyectos aún no contaban con financiamiento desde las convocatorias de infraestructura a pesar de que contaban con la documentación requerida para implementar. En este sentido y con el fin de ampliar los establecimientos beneficiarios de implementación el Ministerio de Energía solicitó recursos fiscales especiales dentro del “Plan de Recuperación Económica inclusiva Chile Apoya” por un presupuesto igual a \$61.269.012.199 (monto reajustado respecto al presupuesto original a la UF al 31 de mayo de 2022), logrando financiar un total de 42 proyectos por un presupuesto aprobado igual a \$19.030.526.000. A continuación, se presentan los criterios técnicos y administrativos para definir las escuelas susceptibles de implementación.

- Establecimientos pertenecientes a los SLEP, DAEM y Corporaciones Municipales de Educación que contaran con diseños de proyectos integrales sin financiamiento, en el marco de las Convocatorias de Conservación de Infraestructura del Ministerio de Educación.
- Establecimientos en su mayoría pertenecientes a comunas asociadas a Los Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica (PPDA⁴).
- Establecimientos que aceptaron por medio de oficio el ajuste e implementación de los proyectos.

4 Instrumento de gestión ambiental, que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad reducir los niveles de contaminación del aire, con el objeto de resguardar la salud de la población.



- Establecimientos con bajo nivel de deterioro general (indicador definido con la DEP) y sin déficit normativos graves, tales como la existencia de materialidades o sistemas precarios (adobe, mediagua y otros), etc.
- Se excluyen los establecimientos que cuentan con proyectos de reposición total o parcial, como también los locales correspondientes a internados y escuelas de adultos.
- En la mayoría de los casos, se priorizaron proyectos integrales que no superan los 1.500 m².

Adicionalmente se considera:

- Distribución homogénea por regiones, descartando proyectos con dificultad de acceso considerando el corto tiempo de implementación determinado por la DIPRES.
- El número de estudiantes beneficiarios según matrícula.
- No contar con proyectos en los últimos catastros del Programa.
- Agrupación geográfica para optimizar la postulación de empresas, accesibilidad de insumos, inspección de obras, entre otras.



Situación inicial Liceo Polivalente de Ancud.

Criterios Generales – Recomendaciones

El proceso de selección de establecimientos para los proyectos de acondicionamiento térmico (AT) en el marco del Programa Mejor Escuela tiene su base en una serie de criterios generales que aseguran la efectividad y relevancia de las intervenciones. Estos criterios, se establecieron en función de:

La experiencia desarrollando proyectos de diseño para obtener una Ingeniería de Detalle previo a la implementación.

Los aprendizajes en función de los resultados obtenidos.

Los plazos con los que generalmente se cuenta para poder desarrollar un proyecto con este estándar.

Estos criterios están diseñados para identificar y priorizar aquellos establecimientos que más se benefician de las mejoras propuestas, asegurando que puedan obtener un proyecto de diseño que garantice estándares técnicos, optimizando así el impacto del Programa.



Inauguración Escuela Básica Cariquima de Colchane, Región de Tarapacá.

En este contexto, se recomienda:

Criterio de Conservación (No Reposición)

Este enfoque prioriza intervenciones en infraestructuras existentes con el objetivo de mantener o restituir su capacidad operativa sin recurrir a la reposición completa. Se entiende por conservación⁵ cualquier acción destinada a preservar o mejorar la funcionalidad de un servicio o infraestructura, siempre y cuando estas mejoras no incrementen su capacidad operativa. Esto último, se enmarca en ciertas condicionantes que se tienen que respetar, tendientes a mantener la prestación del servicio educativo y asegurar su funcionamiento, por lo cual dentro de un proyecto de conservación no es posible considerar lo siguiente:

- Generar un aumento de la superficie construida.
- Modificar la capacidad del establecimiento.
- Modificar la morfología del establecimiento.
- Modificar la geometría de los distintos pabellones.

La conservación, al centrarse en la prolongación de la vida útil y la operatividad de la infraestructura existente, evita la necesidad de grandes inversiones en reposición, lo que a su vez permite una asignación más estratégica de los recursos disponibles. Además, se limita el costo total de los proyectos de conservación al 30% del costo de reposición del establecimiento, asegurando que estos proyectos se mantengan dentro de un marco económico sostenible, orientado a la preservación de la infraestructura existente.



⁵ Fuente: Sistema Nacional de Inversiones (SNI).

Envergadura de Establecimiento

Este criterio considera la capacidad del edificio, en términos de superficie y número de aulas. Es clave analizar esta condicionante a la hora de proyectar plazos y equipo de trabajo para el desarrollo de los diseños, ya que a mayor envergadura, mayor será la complejidad en el desarrollo, y por lo tanto será necesario más tiempo y más profesionales involucrados respecto a otros de menor tamaño.

Para asegurar que el alcance del proyecto sea adecuado para el tamaño del establecimiento, es importante elaborar una metodología de trabajo y una ruta crítica que estarán directamente ligadas a este criterio, esto será uno de los primeros pasos hacia un correcto desarrollo bajo los estándares esperados.

IVE Alto

El Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE) es una medida que refleja el contexto socioeconómico de la comunidad escolar. Los establecimientos con un IVE alto o medio suelen enfrentar mayores desafíos en términos de condiciones de infraestructura y recursos teniendo como consecuencia una alta tasa de deserción de sus estudiantes. Este dato se calcula todos los años con los resultados de la Encuesta de Vulnerabilidad aplicada por JUNAEB a los establecimientos educacionales con financiamiento público, y además con datos administrativos de otras instituciones públicas como el Ministerio de Desarrollo Social y Familia, Fondo Nacional de Salud (Fonasa), Servicio Nacional de Protección Especializado a la Niñez y Adolescencia (Mejor Niñez), Servicio Nacional de Menores (Sename), Registro Civil y el Ministerio de Educación (Mineduc)⁶.

Al seleccionar establecimientos con un IVE alto, el Programa busca proporcionar un apoyo directo a las comunidades que más lo necesitan, contribuyendo a una equidad en la calidad educativa y en la calidad de su infraestructura que permita avanzar al cumplimiento de objetivos respecto a la mantención en el sistema escolar público.


6 Fuente: <https://www.junaeb.cl> y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.



No contar con Financiamiento en Obras de Acondicionamiento Térmico en Otras Convocatorias

Este criterio se aplica principalmente para garantizar que los recursos del Programa Mejor Escuela se dirijan a establecimientos que no han recibido financiamiento previo en el ámbito del acondicionamiento térmico (AT) a través de convocatorias como las de la Dirección de Educación Pública (DEP). El objetivo es evitar duplicidades y maximizar el impacto de las inversiones, asegurando que los recursos disponibles beneficien a aquellos establecimientos que más los necesitan.

Además, este enfoque permite evitar la superposición de esfuerzos y planificar recursos a nivel regional y nacional. Al identificar y seleccionar establecimientos que no han sido beneficiados previamente, el Programa puede intervenir en áreas donde las carencias y urgencias son más significativas, contribuyendo a reducir las brechas en el sistema educativo.



Escuela María Alvarado Garay de Panguipulli
Región de Los Ríos

Máximo 2 Tipologías Constructivas

La tipología constructiva se refiere a la tecnología, o la solución técnica, con la que se construyó el establecimiento escolar que se busca seleccionar, siendo ésta muchas veces implementada en diferentes etapas y con distintos recursos.

Limitar la selección a un máximo de dos tipologías constructivas es un criterio técnico y estratégico, tanto para la elaboración del diseño de la ingeniería de detalles, como para la futura implementación de la misma. Este límite se puede ampliar a medida que los recursos se amplían también, ya que este criterio busca facilitar la gestión de los mismos, tanto en términos profesionales como de plazos en la etapa de diseño, como humanos y materiales en la etapa de ejecución.

La experiencia indica que será más costo efectivo concentrar la complejidad técnica a un máximo de soluciones a desarrollar, permitiendo asegurar estándares mínimos para la misma y posteriormente facilitar la logística al estandarizar los procesos y metodologías utilizadas en obra, lo que simplifica la planificación y la ejecución. Esta estandarización no solo reduce los costos asociados a la personalización de soluciones para cada tipo de edificación, sino que también minimiza el riesgo de errores durante la construcción.





2. Estudio Preliminar del Establecimiento

Una vez seleccionado el establecimiento y previo a cualquier intervención, es fundamental llevar a cabo un estudio preliminar que permita reunir información clave y comprender el contexto particular. Este estudio preliminar debe abarcar una serie de indicadores no energéticos que permitirán evaluar el impacto del proyecto y asegurar que las intervenciones sean efectivas y alineadas con las necesidades de la comunidad escolar.

Beneficiarios: Uno de los primeros pasos en este proceso es la recopilación de datos sobre el número de beneficiarios directos e indirectos, que incluye no solo a los estudiantes, sino también al personal docente y administrativo, así como a otros miembros de la comunidad que utilizan las instalaciones del establecimiento. El objetivo es entender el alcance del proyecto y cuántas personas se verán beneficiadas por las mejoras en la infraestructura.

Diversidad cultural: Aspecto relevante a considerar, especialmente en aquellos establecimientos donde existen comunidades pertenecientes a pueblos originarios. Estos factores deben ser integrados en el diseño y planificación del proyecto para asegurar que las intervenciones respeten y respondan a las particularidades de cada comunidad, promoviendo un entorno inclusivo y respetuoso.

Estado de conservación del edificio: Identificando posibles deterioros o carencias en la infraestructura que puedan afectar la funcionalidad y seguridad. Es esencial considerar la historia del mantenimiento y las intervenciones previas, así como la presencia de posibles factores de riesgo como el deterioro estructural, problemas de humedad, o inadecuado aislamiento térmico, que puedan influir en el confort y la eficiencia energética del edificio. Este análisis debe realizarse a través de entrevistas a los usuarios del mismo, atendiendo necesidades específicas y aportando a un objetivo común de dignificar la infraestructura escolar pública.

Financiamientos previos o en curso: El estudio preliminar debe incluir una revisión de la situación del establecimiento en relación a obras de acondicionamiento térmico y de conservación implementadas en etapas anteriores. Esto implica verificar si el establecimiento ha recibido o está recibiendo financiamiento para este tipo de obras a través de convocatorias del Departamento de Educación Pública (DEP) u otras fuentes, lo cual podría influir en la priorización del proyecto.

Este enfoque integral permite que las decisiones sobre la intervención en el establecimiento se tomen con una comprensión clara del contexto, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y que las soluciones propuestas respondan adecuadamente a las necesidades y realidades del establecimiento y su comunidad.



3. Inspección y Levantamiento en Terreno: Diagnóstico de la Infraestructura Existente

Una vez completado el estudio preliminar, el siguiente paso del proceso es la realización de una visita al establecimiento para inspeccionar y levantar detalladamente el estado actual del mismo, permitiendo consolidar un diagnóstico de la infraestructura del establecimiento. Este diagnóstico es una etapa crítica del proyecto, ya que proporciona la información necesaria para diseñar intervenciones específicas que mejoren las condiciones de conservación, acondicionamiento térmico y la eficiencia energética del edificio.

El diagnóstico en terreno debe comenzar con una evaluación del cumplimiento normativo para edificios de uso escolar. Esto incluye la revisión de las normativas vigentes en materia de seguridad, accesibilidad, eficiencia energética y cualquier otra regulación que pueda aplicarse al proyecto. Asegurar que el establecimiento cumple con estas normativas es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios y la viabilidad a largo plazo de las intervenciones. Además, el diagnóstico debe abarcar un análisis detallado de los sistemas constructivos existentes, evaluando su estado de conservación y su capacidad para cumplir con los estándares de eficiencia energética requeridos. Esto implica la inspección de la estructura del edificio, el sistema de aislamiento térmico (si existe), las ventanas, puertas, techos y cualquier otro elemento constructivo que pueda influir en el rendimiento térmico del mismo.

Para poder realizar este diagnóstico es necesario identificar los puntos críticos que requieren intervención urgente. Por ejemplo, la detección de puentes térmicos, áreas con aislamiento insuficiente, áreas de ventana que no permiten los porcentajes mínimos de iluminación o ventilación natural normativa, o sistemas de calefacción ineficientes, que pueden estar contribuyendo a un alto consumo energético y un confort térmico inadecuado para los usuarios del recinto.



Asimismo, el diagnóstico debe considerar el sistema utilizado en la infraestructura actual del establecimiento, es decir, las tipologías constructivas presentes. Estos sistemas constructivos, en su sustrato base, son los que recibirán el acondicionamiento térmico, que debe adecuarse a las condiciones climáticas locales, por lo tanto será necesario inspeccionarlas en el mayor detalle posible. Esto significa muchas veces tener que retirar (cuidadosamente y con permiso por parte de los sostenedores) algunos recubrimientos que permitan tener claridad de la estructura y su estado actual, acceder a los entretechos, acceder a sótanos o zonas ventiladas entre piso y sustrato natural, entre otros. No es extraño encontrar sistemas constructivos obsoletos o en mal estado, por lo tanto el diagnóstico deberá indicar que el proyecto debe considerar reposición de un porcentaje de la misma, siempre buscando mantener o mejorar la capacidad operativa del establecimiento sin incrementar de manera significativa los costos. En este contexto, es importante señalar que se debe diagnosticar de manera temprana aquella infraestructura que necesite estudios estructurales de parte de un especialista en esa área para reemplazar o reforzar elementos existentes, dado que es una especialidad que no se considera usualmente en el marco de la conservación.

Finalmente, se recomienda que toda la información, fotografías, datos y mediciones que se levanten en terreno, se hagan de manera sistemática y documentada, utilizando herramientas como una Planilla de Diagnóstico, que permitirá recopilar y organizar la información de manera coherente y accesible para todos los actores involucrados en el proyecto. Esta herramienta no solo facilitará la planificación y seguimiento de las intervenciones, sino que también servirá como una referencia clave para la evaluación posterior del impacto del proyecto.

El diagnóstico de la infraestructura y sus condiciones existentes debe ser un proceso detallado, que asegure que todas las decisiones tomadas en el marco del proyecto estén basadas en un conocimiento profundo de las condiciones reales del establecimiento y las necesidades de su comunidad escolar.





4. Planilla de Diagnóstico

Para facilitar el registro de la situación existente de la infraestructura escolar al momento de hacer la inspección técnica en terreno, previo al proyecto de implementación, el Programa ha desarrollado una Planilla de Diagnóstico que está disponible para ser descargada. Esta planilla surge como una herramienta práctica para documentar de manera clara y concisa los registros del levantamiento y las recomendaciones iniciales para el diagnóstico. Dicha herramienta está dividida en las siguientes secciones:

- **Levantamiento de datos:** Datos generales del establecimiento, registro de sus beneficiarios, identificación y propuesta de nomenclatura para los pabellones que componen el establecimiento, consultas específicas y necesidades que la comunidad escolar considere como urgencias.
- **Levantamiento normativo:** Descripción de los ítems específicos de interés para conocer el cumplimiento de artículos de la O.G.U.C, artículos del DS 548 del Ministerio de Educación y del DS 289 del Ministerio de Salud.
- **Levantamiento de la Infraestructura:** Registro detallado de la situación actual de cada uno de los elementos del sistema constructivo de la infraestructura y otros elementos o sistemas de interés para el desarrollo del proyecto, describiendo su estado, condición y observaciones en cada uno de los pabellones previamente nombrados.

Esta planilla de levantamiento, no sólo permite tener una base de datos consolidada del estado del establecimiento al momento de la inspección a terreno, si no que también permite realizar un diagnóstico inicial de los alcances y medidas que deberán ser abordadas, su nivel de prioridad entendiendo las urgencias y problemáticas más relevantes y la factibilidad técnica de poder desarrollarlas.



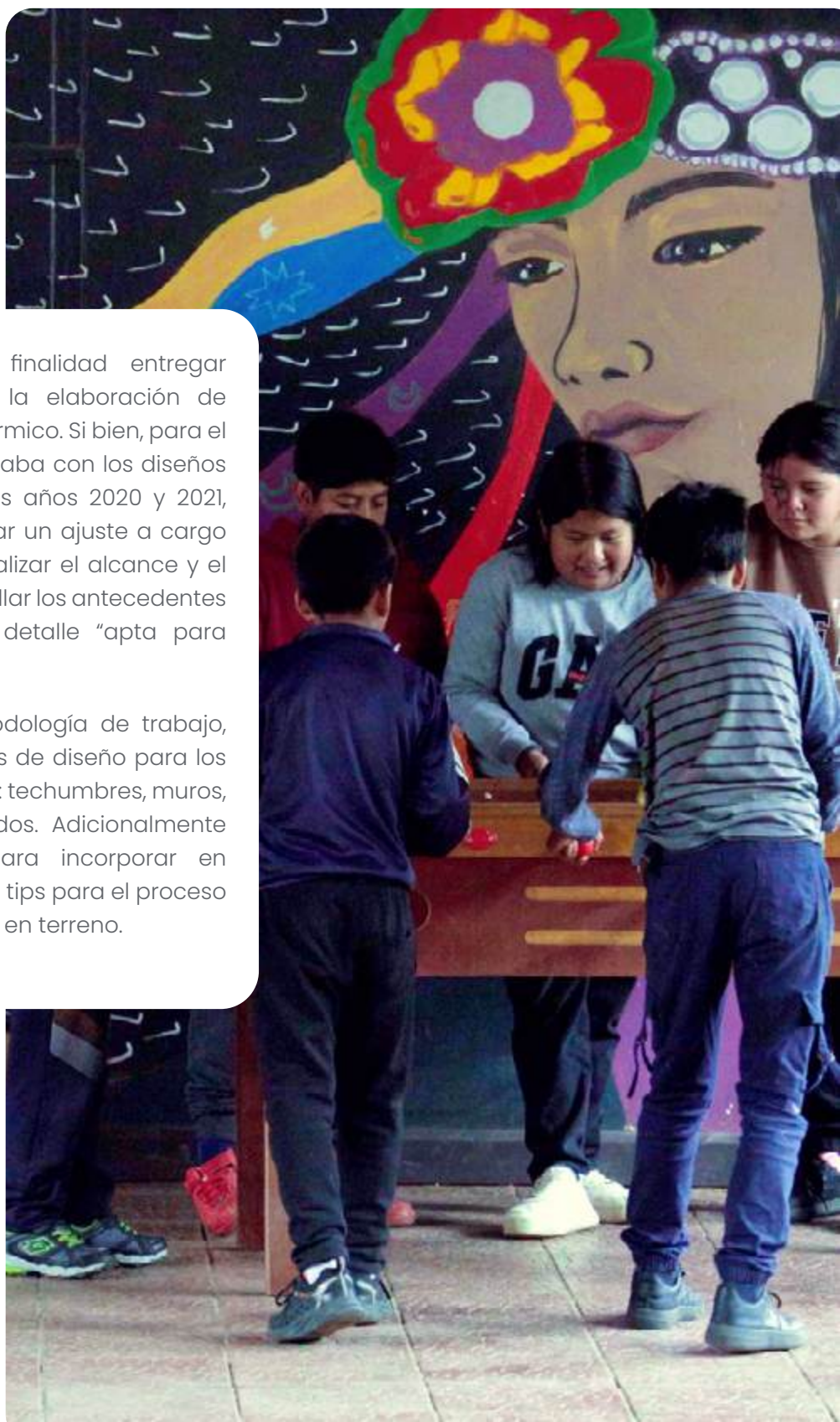
DESCARGA AQUÍ:
FICHA DE LEVANTAMIENTO



CAPÍTULO

4

**Consideraciones
de Diseño para
Proyectos de AT**



El presente capítulo tiene por finalidad entregar consideraciones de diseño para la elaboración de proyectos de acondicionamiento térmico. Si bien, para el Programa Mejor Escuela, ya se contaba con los diseños preliminares desarrollados entre los años 2020 y 2021, se identificó la necesidad de realizar un ajuste a cargo de consultores externos, para actualizar el alcance y el presupuesto de los proyectos y detallar los antecedentes para obtener una ingeniería de detalle “apta para construir”.

A continuación se detalla la metodología de trabajo, marco normativo y consideraciones de diseño para los principales elementos constructivos: techumbres, muros, superficie vidriada y pisos ventilados. Adicionalmente se incluyen recomendaciones para incorporar en especificaciones técnicas y algunos tips para el proceso de implementación y de inspección en terreno.

1. Ajuste de Proyectos Existentes

Como se explica en capítulos anteriores, el ajuste previo realizado a los proyectos base (cartera de proyectos 2020-2021) obedece a la necesidad de actualizar los proyectos para dejarlos listos para obra, es decir, con un nivel de detalle que permita la construcción inmediata, disminuyendo los riesgos en la ejecución.

Sumado a lo anterior se considera la experiencia de la implementación de los proyectos piloto; en dicha oportunidad el diseño y el detallamiento del proyecto era parte del servicio contratado, por lo tanto, la empresa contratista adjudicada debía poseer experiencia en desarrollo de proyectos de acondicionamiento térmico como en construcción. Dado que este mercado era más reducido no se consideró como óptimo para el desafío venidero, de 42 implementaciones en un tiempo acotado a 18 meses.

A raíz del análisis de mercado realizado tras la implementación de los proyectos piloto, se identificó un amplio sector de empresas constructoras “tradicionales” interesadas en llevar a cabo proyectos de acondicionamiento térmico sin necesidad de desarrollar el diseño y los cálculos para cumplir con las normativas requeridas en cada caso. Por esta razón, se decidió enfocar los esfuerzos en captar este mercado, ya que además esta opción facilitaría la búsqueda de proveedores locales.

Con el desafío del ajuste a cuentas, durante la etapa de diseño, los profesionales del equipo AgenciaSE desarrollaron las siguientes tareas:

1. **Revisión del proyecto base:** comprensión del nivel de detallamiento del proyecto y alcance de este.
2. **Levantamiento de información en terreno:** visita a terreno para revisión de planimetría y modelación 3D.
3. **Reuniones con comunidad y/o sostenedor:** actualización de requerimientos para cada establecimiento según la necesidad del establecimiento, presentación del proyecto final y participación en elección de diseño de fachada.





4. Actualización de legajo técnico y presupuesto.

5. Revisión del desarrollo del detallamiento de las soluciones de Acondicionamiento Térmico del consultor: fundamental para dejar el proyecto “apto para obra”.

Cabe destacar, que para dar cumplimiento a los plazos establecidos, fue necesario contratar consultorías externas, quienes trabajaron de forma colaborativa con el equipo de profesionales de la AgenciaSE. El objetivo de este trabajo en conjunto fue desarrollar los siguientes productos:

Planimetría de arquitectura: Plantas, elevaciones y cortes generales.

Planimetría de detalles: Cortes constructivos, escantillones y detalles.

Especificaciones Técnicas: Conjunto de partidas que describen de manera detallada los materiales, métodos de construcción, normas y criterios de calidad que se deben seguir en un proyecto.

Memorias de cálculo: Transmitancia térmica de todos los complejos abordados (muros, pisos ventilados, techumbre), puertas exteriores y ventanas; de disminución de riesgo de condensación superficial e intersticial de acuerdo con planilla DITEC; de iluminación y ventilación natural conforme a OGUC.

Presupuesto detallado de todas las partidas.

Modelo 3D con software para metodología BIM, LOD 3.

Imágenes objetivo (renders y propuesta de colores de fachada).

Se pone a disposición el Anexo Técnico que se adjunta como parte del servicio de consultoría, que entrega toda la información referente al estándar técnico, normativo, herramientas y consideraciones especiales para los diseños.

[DISEÑOS 2024_ Anexos Técnicos.pdf](#)

2. Marco Normativo para Proyectos en Escuelas

Los proyectos diseñados se enmarcan en la normativa vigente para establecimientos educacionales que se detalla a continuación, cumpliendo con toda la normativa y reglamentación vigente en el país, relacionada con los tipos de intervenciones a realizar:

- **Decreto Supremo de Educación N°548 de 1988**, el cual aprueba normas para la planta física de los locales educacionales.
- **Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)**, en todos aquellos aspectos relacionados con el proyecto a realizar, cumplimiento de la resistencia estructural, térmica y resistencia al fuego, junto con el cumplimiento de los niveles mínimos requeridos para iluminación y ventilación de las salas de clases, y las exigencias referidas a accesibilidad.
- **Decreto Supremo N°289 de 1989** sobre condiciones sanitarias mínimas de establecimientos educacionales y Decreto Supremo N°594 de 1999 sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- **Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica**, NCh 4 o las normas que la reemplacen.
- **Normas del Instituto Nacional de Normalización de Chile**, respecto a calidad, método de ejecución y protección de materiales o en su defecto, a normas similares de otros países cuyas exigencias sean equivalentes o superiores a las mencionadas.

A continuación se describen, de manera general, dos reglamentaciones importantes y utilizadas como base en los diseños de proyectos de conservación con foco en acondicionamiento térmico. En ambos casos el detalle se encuentra en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).



2.1 Reglamentación Térmica

Los proyectos de acondicionamiento térmico abordados en el Programa se enfocan en mejorar la aislación térmica de la envolvente, tanto de sus superficies opacas como las acristaladas. En lo relativo a las superficies opacas, se resolvieron los complejos de muro, piso ventilado, techumbre y puertas exteriores. Para definir las soluciones constructivas se trabajó considerando la modificación del artículo 4.1.10 de la OGUC y la zona térmica del recinto a intervenir:

Zona Térmica	Complejo de Techumbre	Complejo de muros perimetrales	Complejo de piso ventilado
	R100(*)	R100(*)	R100(*)
	$[(m^2K)/W] \times 100$	$[(m^2K)/W] \times 100$	$[(m^2K)/W] \times 100$
A	119	50	28
B	213	125	143
C	213	125	115
D	263	167	167
E	303	167	167
F	357	222	200
G	357	250	256
H	400	333	313
I	400	286	313

(*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica $(m^2K/W) \times 100$.


Resistencia térmica R100 mínima.

Fuente: Publicación en Diario Oficial 2024 para la actualización del Art.4.1.10 OGUC.



Una vez definidos los valores máximos de transmitancia térmica (Valor U en W/m^2K) conforme a su zona térmica, las soluciones constructivas se calcularon de acuerdo con el procedimiento establecido en la NCh 853 para la obtención del valor U y se verificó la disminución del riesgo de la condensación superficial e intersticial conforme a la NCh 1973. Dado que los proyectos consideran el reacondicionamiento térmico de edificaciones existentes, el **desafío fue lograr la disminución de los puentes térmicos y mejorar el comportamiento higrotérmico de la envolvente**.

Para lograr eso, se verificó que no se produjeran riesgos de condensación para porcentajes de humedad relativa interior de los recintos al 65%, 75% y 80%, pero aceptando ocurrencias desde el 80% hacia arriba sobre todo por estructuras pre-existentes que no podían ser reemplazadas ya que se escapaba de los alcances del Programa. En la solución de complejos de techumbre donde se producía condensación intersticial se proyectaron celosías de ventilación en los aleros para disminuir el riesgo de aparición de patologías asociadas a la humedad en los materiales.

Para los cálculos se utilizaron las herramientas disponibles del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) a las que se puede acceder desde el siguiente link: <https://www.minvu.gob.cl/ditec/>  (ruta: Planes de Descontaminación Atmosférica > Herramientas digitales cálculos condensación, ventilación y transmitancia térmica).



Liceo Pelluhue, Región del Maule.

2.2 Reglamentación Establecimientos Educativos

El capítulo 5 Locales Escolar y Hogares Estudiantiles, de la Ordenanza General de Urbanismos y Construcción (OGUC) establece una serie de obligaciones normativas para el diseño y adecuación de los establecimientos educativos. En el caso de las escuelas del Programa, se consideró el cumplimiento del artículo 4.5.5 de la OGUC en lo relativo a porcentajes mínimos de ventilación natural:

Regiones	ILUMINACIÓN		VENTILACIÓN	
	Recintos Docentes	Recintos Hogar Estudiantil	Recintos Docentes	Recintos Hogar Estudiantil
De Arica Y Parinacota De Tarapacá De Antofagasta De Atacama De Coquimbo	14	6	8	6
De Valparaíso De Metropolitana de Santiago Del Libertador General Bernardo O'Higgins Del Maule	17	7	8	6
De Ñuble Del Biobío De La Araucanía De Los Ríos De Los Lagos De Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo De Magallanes y de la Antártica Chilena	20	8	8	6

El Programa Mejor Escuela estaba limitado para modificar la estructura de las edificaciones, por lo que algunos vanos preexistentes resultaban insuficientes para alcanzar los valores mínimos de iluminación y ventilación natural en los recintos. En estos casos excepcionales donde no fue posible aumentar la superficie de vanos, dado que en ocasiones el muro es un elemento estructural y requiere mayor estudio para su modificación, se pudo resolver favorablemente con la ventilación natural mediante el rediseño de las aperturas disminuyendo la superficie fija y aumentando la superficie de ventilación con aperturas del tipo proyectante.

3. Metodología BIM | Herramientas de Diseño

Building Information Modeling (BIM)

Es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Desde los comienzos del Programa se han reconocido los beneficios de utilizar la metodología BIM, dado que se destaca como una herramienta útil para:

Lograr el desarrollo de proyectos coordinados.

Obtener ubicaciones referenciales del proyecto.

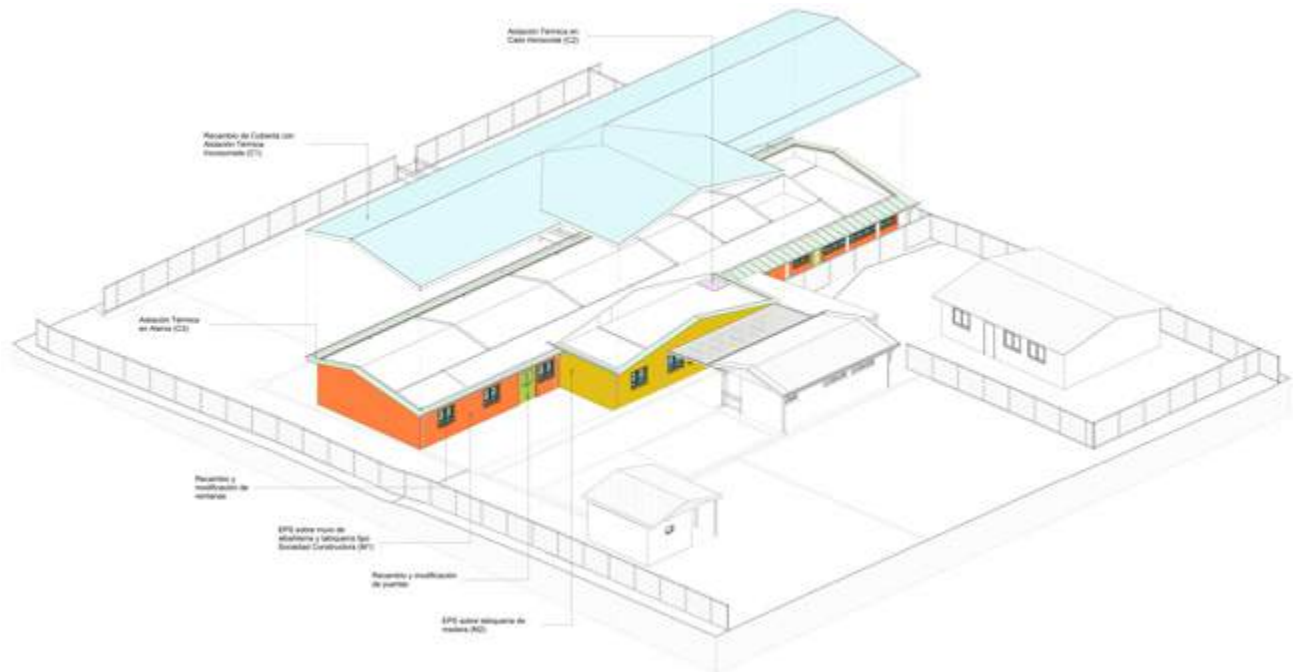
Apoyar el entendimiento del proyecto en todas las etapas de vida del proyecto.

Mejorar la calidad de proyectos.

Por lo tanto, se utilizó la metodología BIM (Building Information Modeling) como herramienta clave en la etapa de diseño para las soluciones de acondicionamiento térmico en cada establecimiento. Esta metodología fue seleccionada por su eficiencia, capacidad de integración y precisión en el desarrollo de modelos tridimensionales, lo cual facilita la obtención de ubicaciones y permite una mejor visualización y análisis de las propuestas, asegurando así



soluciones de alta calidad adaptadas a las necesidades específicas de cada institución educativa. La obtención de cubicaciones con esa metodología permite disminuir las posibilidades de errores y por lo tanto de presupuesto en la fase de definición de costos.



Ejemplo de Esquema isométrico de desarrollo de soluciones térmicas en BIM



Adicionalmente se consideró como una forma de sumarse a los lineamientos nacionales del Plan BIM con el objetivo general de incrementar la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción, mediante la incorporación de metodologías de trabajo y tecnologías de la información, desde el diseño hasta su operación.

Por último, se reconoce que esta metodología de trabajo tiene un gran potencial, considerándose como desafío próximo el comenzar a utilizar BIM más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y favoreciendo en la toma de decisiones.

A continuación, se proporcionan recursos que pueden ser útiles para futuros diseños. Estos incluyen tres modelos seleccionados por su nivel de detalle en Revit y Archicad, desarrollados internamente en la Agencia SE, junto con el Anexo técnico letra F, que establece el LOD (nivel de desarrollo) requerido para los diferentes consultores de diseño que colaboran en el Programa.

[Templates](#)

[Repositorio de modelos](#)

[Estándar BIM para proyectos](#)

4. Consideraciones para el Diseño de Envoltente Térmica

A continuación, se presentan las consideraciones clave para el diseño de soluciones para la envoltente térmica, desarrolladas a partir de la experiencia técnica de la AgenciaSE del Ministerio de Energía, tomando en cuenta la implementación en obra. Estas recomendaciones se basan en prácticas comprobadas que aseguran la eficiencia energética y el confort interior, adaptándose a las particularidades de cada proyecto para optimizar su desempeño térmico y contribuir a la sostenibilidad de los espacios construidos. Al considerar la envoltente térmica como un sistema integral, es posible adaptar las estrategias a las características específicas de cada proyecto, maximizando su rendimiento y reduciendo la demanda





energética. Esto se traduce en espacios interiores más confortables y saludables, lo que contribuye directamente a la sostenibilidad, calidad del aire y a la **durabilidad de las edificaciones**.

4.1 Superficie Vidriada

Las ventanas deben diseñarse en función de la zona térmica en la que se encuentre el edificio, asegurando que cumplan con el valor U permitido para maximizar la eficiencia energética. Las ventanas con doble vidriado hermético o triple vidriado hermético, son las más eficientes en términos energéticos, ya que proporcionan un excelente aislamiento térmico y acústico.

Marcos:

Las ventanas pueden tener marcos de distintos materiales, como madera, aluminio y PVC, cada uno con características y ventajas específicas.

Los marcos de madera, aunque ofrecen un buen aislamiento térmico, no se utilizan comúnmente en establecimientos escolares debido a la necesidad de un mantenimiento constante para evitar el deterioro causado por la exposición a las condiciones climáticas. Por otro lado, las ventanas de aluminio son altamente conductoras del calor y del frío, lo que puede afectar el confort térmico del edificio. Aunque existen ventanas de aluminio con rotura de puente térmico, que mejoran significativamente su rendimiento energético, pero, su elevado costo las hace menos accesibles para proyectos en recintos escolares.

Por estas razones, la opción más utilizada en entornos educativos son las ventanas **doble vidrio hermético (DVH) con marcos de PVC**. Este material tiene una baja conductividad térmica, lo que contribuye a reducir la transferencia de calor entre el interior y el exterior. Además, las ventanas de PVC prácticamente no requieren mantenimiento, lo que las hace ideales para edificios escolares, donde el criterio de durabilidad es prioritario. Los marcos de PVC ofrecen un mejor control de la temperatura interior, reduciendo el consumo energético y proporcionando un ambiente más confortable para los estudiantes.

Permeabilidad y clase:

Las ventanas a su vez, deben cumplir con otros parámetros según la zona térmica, esto es la Clase de Estanquidad al agua, Clase de Permeabilidad al Aire y finalmente su Clase estructural, parámetros definidos en la Norma NCh 888 Of.2000.

- La estanquidad al agua, es crucial en zonas con altas precipitaciones, ya que indica la capacidad de la ventana para evitar infiltraciones y mantener la integridad de la solución aislante. Se recomienda tipo 30 e (especial) o superior.
- La permeabilidad al aire, se refiere a la capacidad de la ventana para evitar infiltraciones de aire no deseadas, un factor importante para asegurar el confort térmico y la eficiencia energética. Se recomienda tipo 7 a (reforzada) o superior.
- Finalmente, la clase estructural, evalúa la resistencia de la ventana a las cargas de viento y otros esfuerzos mecánicos, verificando deformaciones, alteraciones de propiedades y niveles de seguridad que garantiza a los usuarios, lo cual es relevante en zonas expuestas a condiciones climáticas extremas. Se recomienda 12 V (especial) o superior.

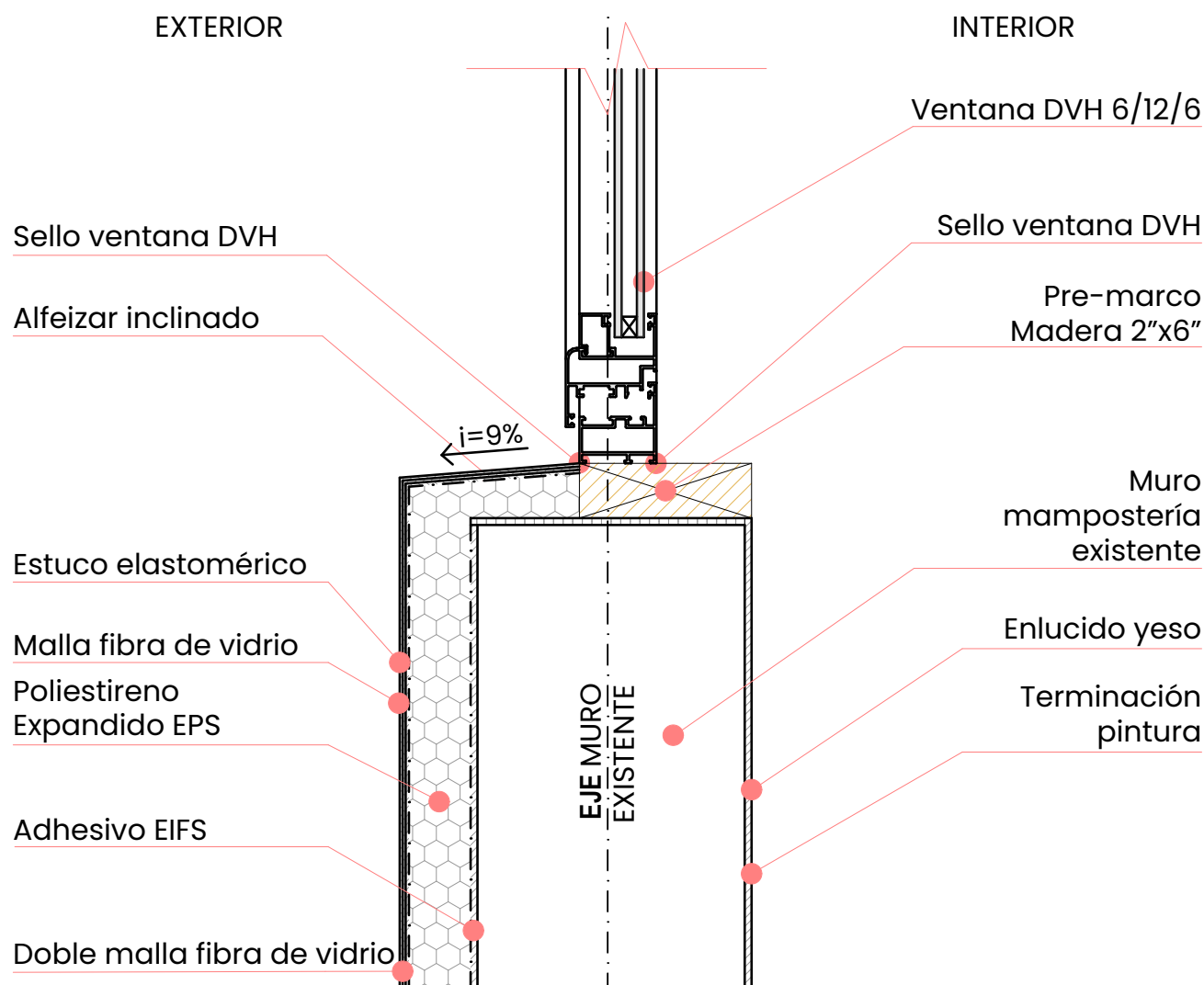
Es fundamental especificar claramente estos parámetros en la fase de diseño y selección de ventanas, ya que de ello depende que se alcance el estándar de eficiencia y confort buscado.

Premarcos:

Para garantizar una correcta instalación de ventanas, es recomendable considerar la incorporación de un premarco. Esta pieza, generalmente de madera, ofrece múltiples ventajas funcionales y constructivas.



A continuación se presenta un detalle constructivo que permite identificar cómo incorporar de buena manera los premarcos en ventanas.



En primer lugar, el premarco permite realizar ajustes precisos, en caso que hubiese algún error en la rectificación o fabricación de la ventana. Al ser una pieza adaptable, es posible cepillarla o cortarla para corregir cualquier imperfección que pueda surgir durante el proceso de instalación. Esto asegura que la ventana se ajuste de manera exacta al vano, evitando futuros problemas de funcionamiento o filtraciones.

En segundo lugar, el premarco facilita la correcta integración de la solución aislante en los muros exteriores. Al instalar el premarco, se crea un espacio adecuado para realizar el retorno del vano del sistema aislante, lo cual es clave en caso de implementar un aislamiento térmico en la fachada. Esto asegura que no queden puentes térmicos en la instalación, mejorando la eficiencia energética y evitando infiltraciones de aire o humedad.

Se sugiere especificar un premarco de madera de pino cepillada y seca, que al no estar en contacto directo con el exterior ofrece una buena combinación de resistencia, manejabilidad y economía.

Consejos de implementación que se puede incorporar en el diseño (EETT)



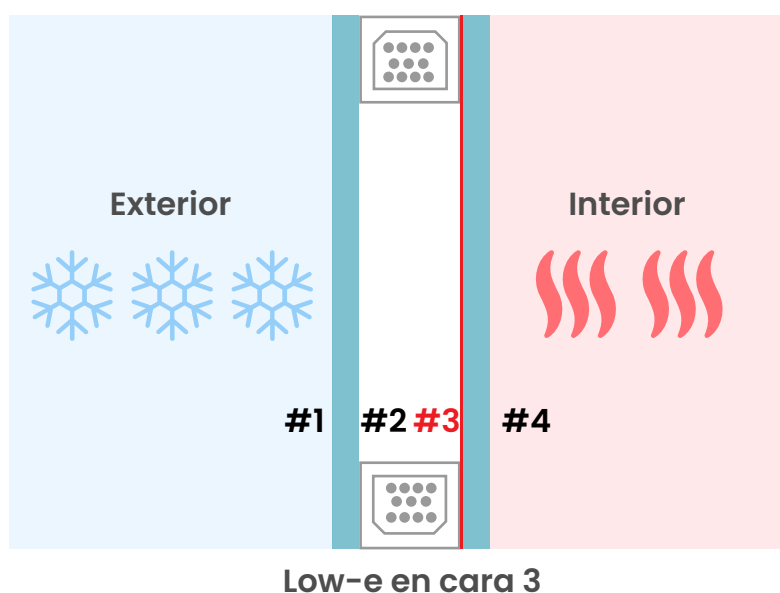
- ✓ Para evitar problemas de deformación debido a la humedad o la condensación que pudiera acumularse en los muros o pilares y vigas, es fundamental que la madera esté correctamente sellada y protegida. Para ello se recomienda dos manos de látex acrílico sobre todas las caras de la madera, antes de instalarlo en el vano, lo que ayuda a prevenir la absorción de humedad. Posteriormente, como acabado final, aplicar dos manos de esmalte sintético, lo que refuerza aún más su durabilidad de agresiones ambientales.
- ✓ Es esencial que el premarco esté bien fijado a la estructura existente para evitar movimientos o deformaciones con el tiempo. Para ello, se recomienda colocar fijaciones cada 30 cm como máximo, asegurando una sujeción firme y estable, lo que proporciona la rigidez necesaria para soportar las tensiones estructurales y el peso de la ventana. Para instalar estas fijaciones, la madera deberá ser avellanada⁶ previamente, para que la fijación no sobresalga, y dificulta la posterior instalación de las ventanas.
- ✓ Finalmente, es crucial sellar adecuadamente tanto la unión entre el muro y el premarco como la unión entre el premarco y la ventana una vez esta última haya sido colocada. Este sellado garantiza la hermeticidad del conjunto, previniendo infiltraciones de aire y agua que puedan comprometer la eficiencia térmica y la durabilidad de los materiales. Se recomienda el uso de selladores elásticos y resistentes a la intemperie para asegurar una protección duradera.
- ✓ Antes de pensar en incorporar el premarco, se deberá verificar que la superficie vidriada sigue cumpliendo con el porcentaje de ventilación exigida en la OGUC, ya que el premarco disminuye levemente la superficie vidriada.

⁶ Avellanar, es un proceso en la madera que permite hacer un rebaje cónico o en forma de embudo en la superficie de la madera, para permitir que la cabeza de un tornillo o fijación, quede al ras o ligeramente hundida dentro de la madera. El avellanado se realiza con un taladro y broca avellanadora.



Otras consideraciones:

Favorecer las aperturas proyectantes para mejorar la hermeticidad al cierre. Además, considerar en casos particulares incorporar una lámina Low-e en la cara 3 para mejorar el rendimiento térmico de las ventanas. Además, considerar en casos particulares incorporar una lámina Low-e en la cara 3 para mejorar el rendimiento térmico de las ventanas, como se muestra en el siguiente esquema.



Por último y para mayor seguridad, se recomienda contemplar ambos cristales laminados (capas de vidrio unidos por lámina), tanto en ventanas como puertas, lo que permite mantener los trozos de vidrios en la lámina de unión, en caso de rotura. Adicionalmente, esto aporta resistencia mecánica.

En el contexto de licitaciones públicas, donde no se pueden especificar marcas, establecer con precisión estos requisitos técnicos es vital para evitar que las empresas proveedoras instalen ventanas de menor calidad. Al definir rigurosamente las características técnicas como los niveles de permeabilidad, resistencia y eficiencia térmica, se garantiza que las ventanas instaladas cumplan con las expectativas de desempeño, independientemente de la marca que las fabrique.

¿Están las ventanas correctamente instaladas?

Revisar que las zonas termofusionadas del perfil de la ventana estén orientadas hacia el exterior, mientras que el junquillo debe quedar hacia el interior. Este detalle asegura que, en caso de lluvias intensas, si la cámara de la ventana llega a desbordarse, el agua drene hacia el exterior en lugar de filtrarse hacia el interior del edificio. De esta manera, se protege la integridad del sistema de ventanas, mejorando tanto su rendimiento como la resistencia frente a las inclemencias del clima.



Se comparte una lámina ejemplificadora del detallamiento de ventanas y premarcos:

[Enlace detalle premarco Liceo de Santiago](#) 

[Enlace detalle premarco Escuela de Ollagüe](#) 

4.2 Muros

Para el acondicionamiento térmico en muros, se detallan las tres formas principales de abordar el aislamiento, cada una orientada a responder a distintas necesidades constructivas y limitaciones estructurales. Estas tipologías son:

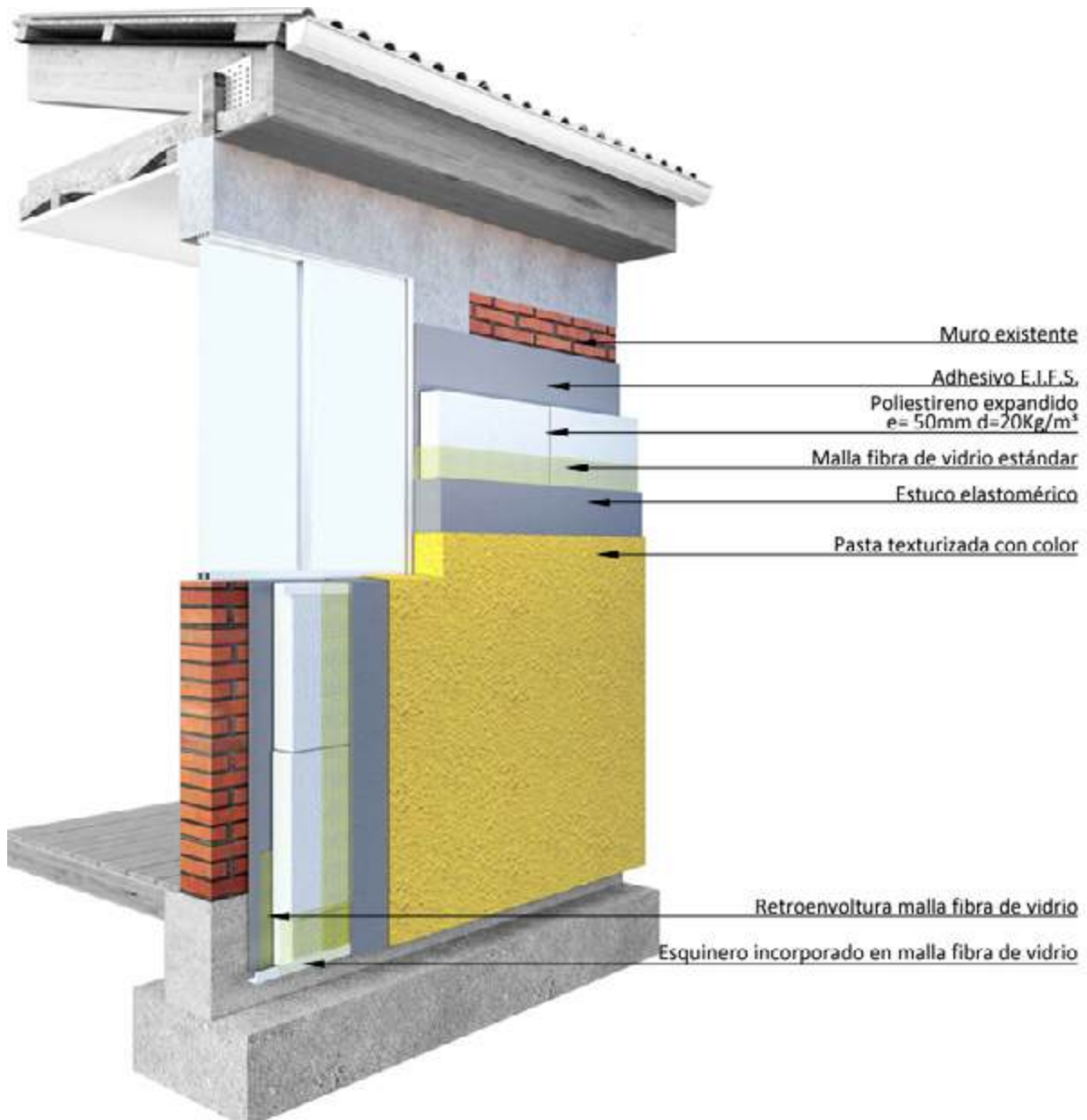
- Aislamiento térmico exterior sobre muros sólidos HA o albañilería
- Aislamiento térmico exterior sobre tabiquería mixta
- Aislamiento térmico interior



Aislamiento Térmico Exterior Sobre Muros Sólidos Ha o Albañilería

El sistema EIFS por sus siglas en inglés (Exterior Insulation and Finish System), es un sistema de aislamiento exterior y terminación, que se utiliza para mejorar la eficiencia energética y hermeticidad de los edificios, ayudando a reducir la transferencia térmica y a mejorar el confort interior.

Los componente principales del sistema EIFS son:



Fuente: Solución constructiva de Acondicionamiento Térmico P.D.A MI Sistema de Aislación Térmica Exterior E.I.F.S sobre muro albañilería - MINVU

- 1 Adhesivo E.I.F.S:** Sobre el aislante térmico, se debe aplicar una capa base de adherencia, ya sea estuco elastomérico o espuma de poliuretano, para fijar el aislante térmico al muro existente.
- 2 Poliestireno expandido:** La base del sistema EIFS es una capa de material aislante, generalmente de poliestireno expandido (EPS) o poliestireno extruido (XPS). Esta capa proporciona la principal función de aislante térmico, ayudando a mantener la temperatura interior constante y reducir el intercambio de calor entre el interior y el exterior del edificio. El espesor y la densidad del EPS, se define en función de la zona térmica donde el edificio se encuentre ubicado. Es primordial poner especial cuidado en rellenar las separaciones posible que pudiesen quedar entre planchas, si son menores a 2 cm se podrán rellenar con espuma de baja expansión, sin son mayor con un complemento de EPS con espuma. Si el desaplome del muro existente es importante, y se prevee que el EPS se debe raspar más allá de unos milímetros, entonces se debe considerar pegar un EPS de mayor espesor, para seguir cumpliendo con la transmitancia térmica del muro, pese al raspado.
- 3 Estuco elastomérico:** Sobre el aislante térmico, se aplica nuevamente la capa base, para recibir la malla de fibra de vidrio, la cual refuerza el sistema y proporciona resistencia a las fisuras.
- 4 Malla fibra de vidrio:** La malla se debe embeber en la capa base, que sirve para proteger el aislante y preparar la superficie para la capa final. En el caso de los establecimientos escolares, será necesario especificar doble malla o malla de alta resistencia, considerando el uso, hasta al menos 1,50 m de altura.
- 5 Estuco elastomérico:** Sobre la malla, se debe aplicar una segunda capa base de refuerzo, de no más de 3 mm de espesor, que asegura la fijación de la malla, y deja una superficie lisa para recibir el acabado.
- 6 Pasta texturizada con color:** la capa final es una capa de acabado decorativo y protector, donde en primer lugar se debe aplicar un imprimante con el color base, y finalmente la textura o grano de terminación, con el mismo color del imprimante. Para la zona norte y centro se recomienda utilizar colores claros en el grano de terminación, para evitar su pronta decoloración, de lo contrario se le deberá aplicar una laca que lo protege de la decoloración producto de los rayos solares, sin embargo tiene un costo adicional elevado.



Este sistema se destaca por su versatilidad, ya que puede aplicarse sobre muros de distintas materialidades, desde muros de hormigón, albañilería hasta estructuras de tabiquería. Este apartado se enfoca en la aplicación sobre muros macizos: Hormigón o albañilería.

Al momento de diseñar una solución con el sistema EIFS, se deben tener 5 consideraciones clave:

1. Condición del muro existente: Para la aplicación del sistema EIFS sobre muros macizos, es vital realizar una inspección visual previa en terreno, para descartar problemas de humedades que puedan afectar al sistema EIFS pudiendo provocar que el se desprenda en el tiempo. En caso de detectar problemas de humedad, estos deberán ser abordados y reparados antes de la instalación del sistema EIFS. Si existen desaplomes evidentes en el muro existente, se deberá considerar un mayor espesor del EPS, para que al momento de raspar, el espesor conseguido sea el necesario para cumplir con el Valor U.

Considerar que en primer lugar se debe limpiar y raspar el muro, para eliminar restos de pintura suelta, suciedad, incluso revestimientos existentes, o cualquier elemento que impida la buena adherencia de la espuma de poliuretano proyectada.


2. Zona térmica: El material aislante del sistema EIFS corresponde al EPS, el espesor y densidad de este será en función del comportamiento higratérmico en que el edificio se emplace para cumplir, o lograr el estándar deseado. Los mayores espesores, generan retornos en los vanos más amplios los que podrían generar apozamientos de agua, para ello será necesario especificar estuco elastomérico flexible para estas zonas.



- 3. Condición climática y radiación solar de la zona:** Son factores determinantes a la hora de diseñar con este sistema, para zonas con alta radiación se recomiendan colores claros, y para zonas con menos radiación colores más oscuros, para evitar la decoloración temprana por rayos UV. En caso que fuese necesario utilizar colores oscuros en zonas de alta radiación, por los colores institucionales por ejemplo, entonces será necesario especificar una laca contra los rayos UV, que incrementa el costo del sistema. Si se encuentra en una zona extrema donde cae nieve, la capa base deberá ser reemplazada por estuco elastomérico flexible⁷, hasta la altura que pueda quedar en contacto con la nieve.
- 4. Uso:** En función del uso de la zona donde se aplique la solución, se deberán tomar algunas consideraciones: En pasillos interiores, se recomienda una terminación lisa, en exteriores se recomienda una terminación de grano, idealmente de grano medio, ya que no acumula tanto polvo. Si la zona donde se va a aplicar es de alto tráfico como pasillos, o zonas cercanas a multicanchas o susceptible de impacto, se recomienda especificar doble malla de fibra de vidrio, o malla de alta resistencia al impacto.

IMPORTANTE

Las configuraciones de malla doble o una sola pero más resistente no son necesariamente equivalentes, ya que el comportamiento dependerá finalmente de las características mecánicas de cada malla, que se obtiene a través de ensayos. Por tanto, y conociendo la oferta cada vez más variada de mallas de fibra de vidrio, se recomienda especificar claramente los requerimientos de: resistencia a la tracción en ambos sentidos y envejecida, el gramaje, la configuración doble o simple y la resistencia al impacto, dependiendo del lugar o zona del recinto donde se instalará el sistema EIFS.

- 5. Especificaciones técnicas detalladas:** En base a lo indicado anteriormente, se deberán desarrollar especificaciones técnicas detalladas, para cada componente, terminación o particularidad del sistema EIFS a instalar y su proceso constructivo [Enlace a EETT](#) .

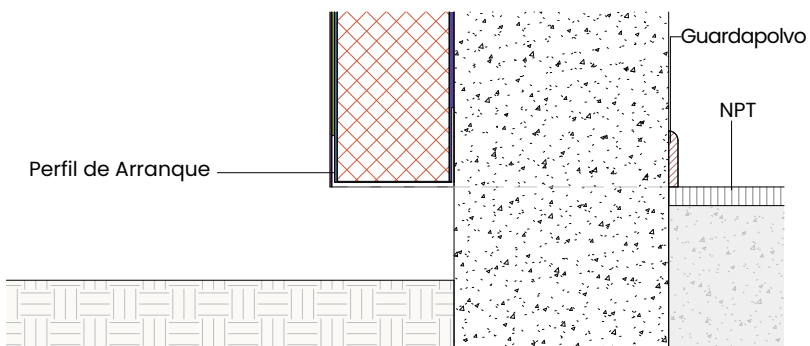
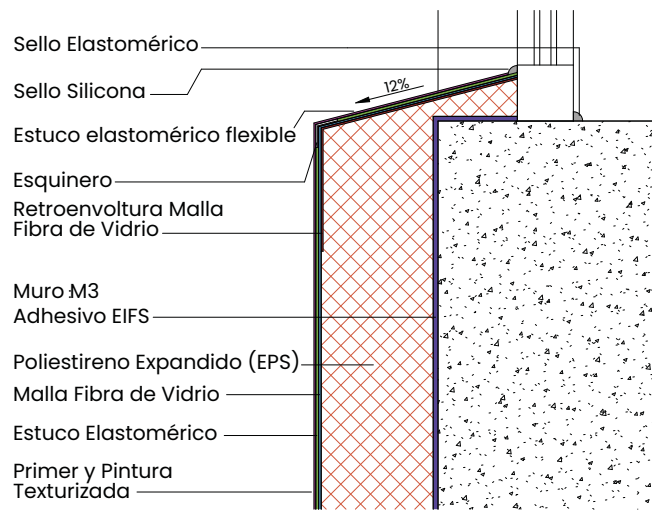
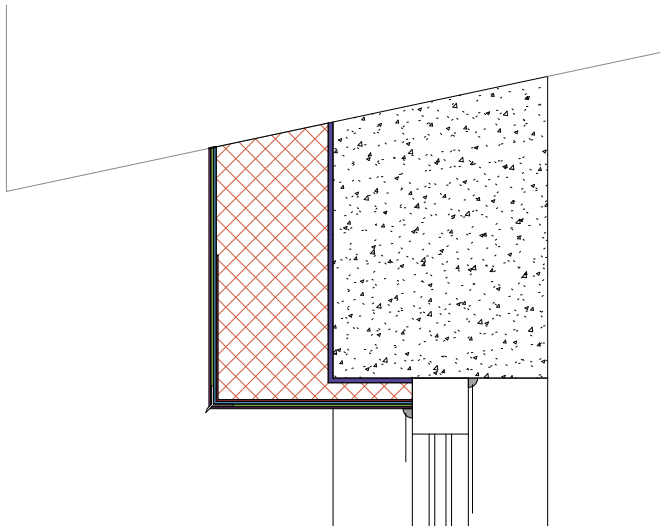
El sistema EIFS es altamente eficiente, ya que proporciona una envolvente térmica continua sin interrupciones, ayudando a minimizar las pérdidas de calor, reducir el consumo de energía, mejorando la eficiencia energética del edificio. Al envolver completamente el edificio, el EIFS elimina los puentes térmicos que pueden ocurrir con otros sistemas aislantes.

Como se trata de un sistema que ofrece gran flexibilidad y maleabilidad, permite esconder errores constructivos o desajustes, propios de edificios con mixtura de sistemas constructivos.

Se comparte una lámina ejemplificadora del detallamiento de EIFS sobre albañilería.

[Revisar Lámina aquí](#) .

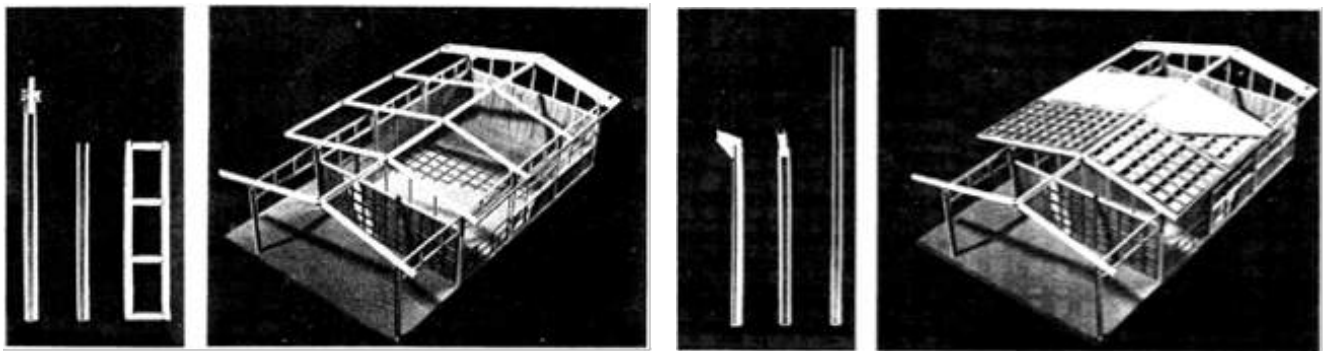
⁷ Adhesivo flexible e impermeable, a base de acrílico, reforzado con fibras, que refuerza la impermeabilización del sistema, en zonas donde el agua se pueda estancar o apozar, y no escurrir, como ocurre habitualmente en una superficie vertical.



Aislamiento Térmico Exterior Sobre Tabiquería Mixta

Sociedad Constructora:

Es una tipología de construcción, originalmente por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales (SCEE), con la cual se construyeron muchos recintos escolares en la década del 60. En particular, este diseño se basaba en una estructura metálica modular de marcos rígidos de acero dispuestos cada 3 metros y los muros exteriores podían ser de madera, ladrillo, piedra u otros paneles. Este sistema permitió la replicabilidad, dando una respuesta rápida a la demanda de establecimientos educacionales de la época. Dicho modelo constructivo se fue perfeccionando y modificando para las diversas condiciones (regiones) en donde se emplazaban los establecimientos.



Fuente: HACIA UN PLANTEAMIENTO DE ARQUITECTURA DOCENTE, EN CHILE, Oscar Mac Clure Alamos, Arquitecto, Universidad Católica de Chile - Informes de la Construcción, Vol. 38, n.º 386, diciembre, 1986.

La infraestructura, como muchas otras obras construidas por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales, estaba diseñada con materiales y técnicas que, si bien fueron adecuadas en el contexto histórico de grandes reformas educacionales, hoy en día no cumplen con los estándares mínimos de acondicionamiento térmico, eficiencia energética y confort térmico.



La principal dificultad que presenta este sistema en términos de eficiencia energética es la gran cantidad de puentes térmicos que genera la estructura metálica. Esto, provoca sobrecalentamiento en verano y frío extremo en invierno, igualando las temperaturas entre el interior y el exterior. Como resultado, se produce un significativo discomfort térmico, que afecta la concentración, aumenta el riesgo de enfermedades y ocasiona ausentismo escolar.

La mayor problemática de este sistema es que deja las piezas de acero expuestas al exterior, piezas que confinan todo el sistema constructivo, incluido, muros, techumbre, puertas y ventanas. El acero corresponde a un material altamente conductivo ($\lambda^8 = 58 \text{ W/mK}$), solo superado por metales como el cobre y bronce, a modo de ejemplo la conductividad térmica del hormigón es $\lambda = 1,63 \text{ W/mK}$. De esto se deduce, que mientras mayor es la conductividad, mayor es la cantidad de calor que transfiere, y esto es precisamente lo que debemos evitar, para disminuir la pérdida de energía y lograr el confort térmico.

En este apartado se aborda el caso de aislación en tabiquería mixta, que es precisamente, el caso de la tipología "Sociedad Constructora", en el que se utiliza un sistema con sobretabique exterior, lo que permite eliminar los puentes térmicos y hermetizar la envolvente.



ANTES

Pabellón sociedad constructora, con perfiles de acero expuestos al exterior y ventanas montadas sobre estructura de acero.



DESPUÉS

Pabellón acondicionado térmicamente, con una envolvente continua, con perfiles de acero perdidos hacia el interior y ventanas en sobretabique.

8 λ conductividad térmica, cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresan en W/mK .

Para solucionar este problema en muros, se diseñó un sistema con sobre tabique, en adelante sobre estructura, pero por la cara exterior del muro, que permite instalar ventanas desaplomadas del muro existente, instalar la solución aislante como el EIFS y colgar puertas, dejando la estructura metálica “perdida” hacia el interior, favoreciendo a la nueva solución aislante como una envolvente térmica continua, libre de puentes térmicos e infiltraciones. Para el caso de tabiquería existente estructurada en madera, no es estrictamente necesario utilizar el sobretabique, sino que se puede instalar la placa base (fibrocemento u otro) directamente a la estructura, y a continuación la solución aislante.

Procedimiento Recomendado en la Implementación:

1

En primer lugar se debe contemplar barrera de vapor, que como se comentó anteriormente su materialidad, espesor y densidad, dependerá del cálculo del riesgo de condensación, la cual se debe aplicar de manera continua, traslapada y siguiendo los entrantes y salientes de pie derechos y soleras, de manera de dejarla hacia la cara caliente.

2

Para generar la sobre estructura, se debe instalar piezas de madera, a modo de pie derechos y soleras, comúnmente piezas de pino de 2x2” en cepillado seco, sin embargo, el espesor depende del cálculo del valor U y riesgo de condensación (mientras mayor sea el espesor necesario para la solución aislante, mayor será el espesor de las piezas de madera). Utilizar fijaciones según sean las características del muro existente (antepecho), que en el caso de Sociedad Constructora puede ser hormigón, covintec, fibrocemento y lo más común, albañilería. El distanciamiento entre piezas de pino, dependerá de la plancha de base para el posterior EIFS. Si se utiliza OSB, considerar distancia de 61 cm a eje.

3

Instalar entre los pie derechos y soleras, el EPS de densidad y espesor, según cumplimiento normativo para el valor U y posteriormente, la capa base del EIFS, por ejemplo las planchas de OSB.

NOTA: Sobre el OSB no se puede aplicar directamente el sistema EIFS, debido a que la humedad de la capa base, podría deformar o descascarar el OSB, afectando la durabilidad en el tiempo del sistema. Para ello se deberá aplicar un imprimante Gold Coat, que actúa como barrera de agua y vapor, evitando el deterioro del OSB.

4

Aplicar el sistema EIFS en su forma tradicional, complementado el sistema de sobre estructura, eliminando los puentes térmicos que podrán producir las soleras y pie derechos, generando una envolvente térmica continua y hermética, que elimina las infiltraciones exteriores, y lo aísla del ambiente exterior.

5

Las ventanas y puertas se deberán montar y colgar respectivamente en la sobre estructura de madera, quedando por el exterior de la estructura metálica, formando parte de esta envolvente térmica continua.



1

Instalación de barrera de vapor, pie derechos y soleras. (1 y 2 procedimiento)



2

Instalación de EPS entre soleras y pie derechos. (3 procedimiento)



3

Aplicación de imprimante o capa de Oro, sobre el OSB, sustrato base para el EIFS



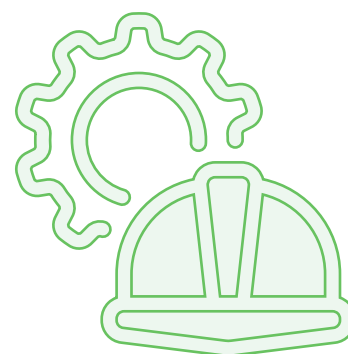
4

Sistema EIFS con capa base o enlucido (4 procedimiento)

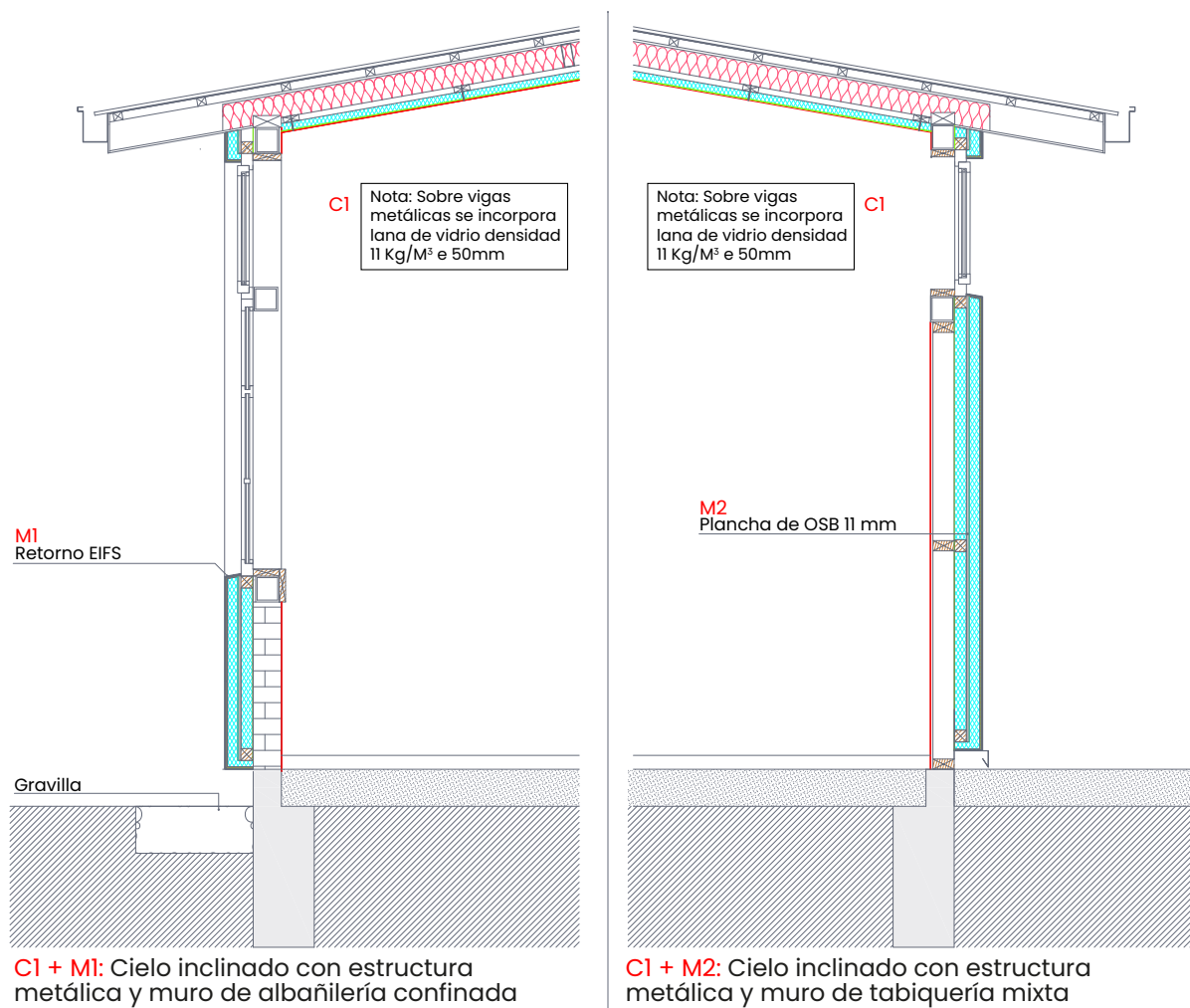


5

Ventanas montadas en sobre estructura, dejando la estructura de acero perdida al interior, eliminando el puente térmico. (5 procedimiento)



Se comparte una lámina ejemplificadora del detallamiento de **Aislamiento térmico exterior con sobretabiquería** [🔗](#).



Aislamiento Térmico por el Interior

En aquellos casos donde no es posible aplicar la envolvente térmica por el exterior—lo cual debería ser la primera opción—debido a factores como la existencia de deslindes, falta de acceso, o espacio insuficiente para instalar andamios, se recomienda implementar la solución aislante por el interior.

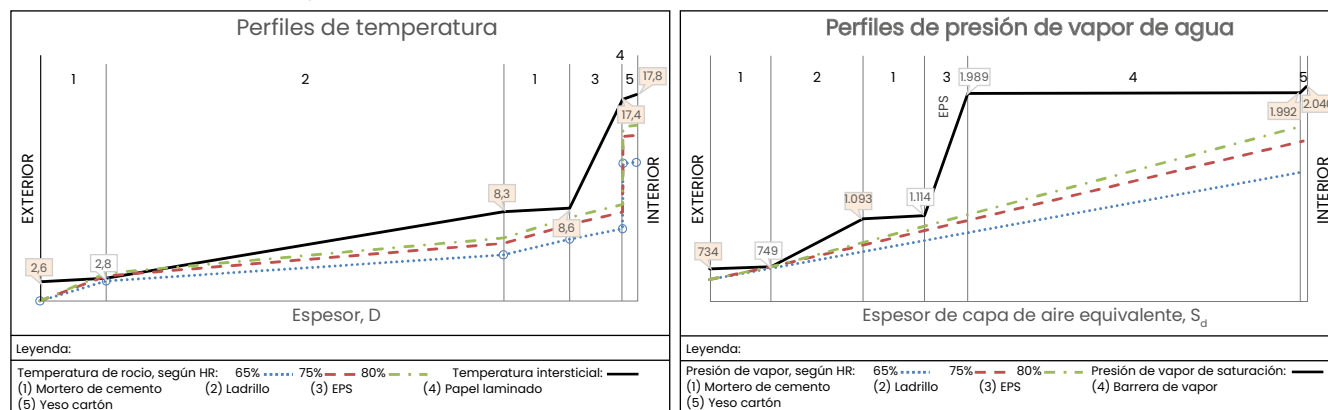
No se recomienda utilizar sistemas industrializados conformados por placas de EPS⁹ adherido al yeso cartón, que a su vez, se adhiere al muro mediante motas de pegamento. Estas soluciones industrializadas, dependiendo la zona térmica, favorecen el riesgo de condensación superficial e intersticial, ya sea por diferencia de temperatura, al no eliminar los puentes térmicos, debido a que no se trata de una envolvente térmica continua, o porque la gradiente de temperatura de los elementos se encuentra con el punto de rocío. Es muy importante eliminar estos riesgos de condensación, tanto del muro como de la solución aislante, ya que afectará la durabilidad y vida útil de la solución implementada, además de afectar la calidad de aire interior, por posibles mohos en superficies u ocultos intersticialmente entre elementos, que corresponden a los más peligrosos.

9 EPS = Poliestireno expandido.

En los siguientes gráficos se puede observar la diferencia del comportamiento higrotérmico entre la solución industrializada y la solución a medida con sobre tabique:

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

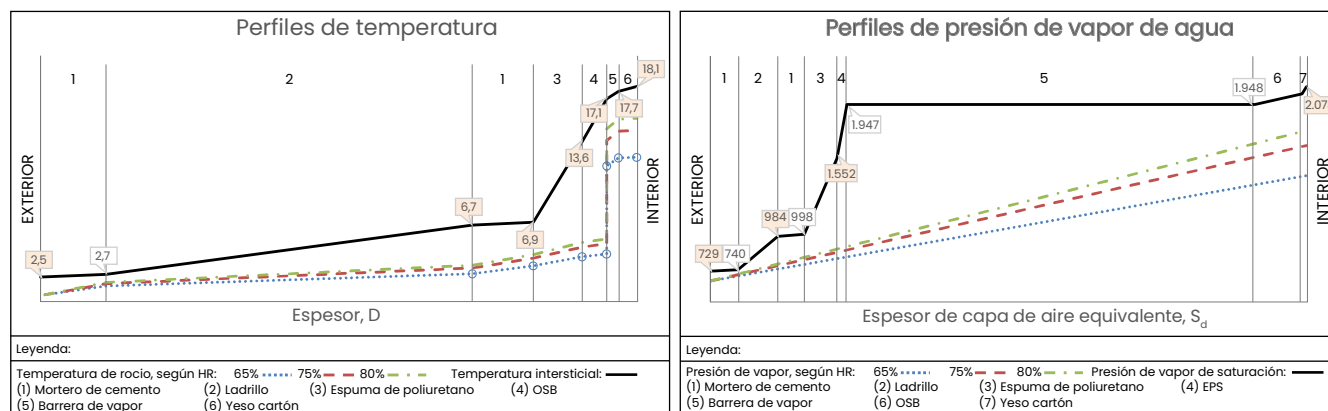
Solución aislante interior pabellón 1 - Liceo José de San Martín - Solución industrializada EPS + Yeso Cartón.



Para la solución industrializada, no existe riesgo de condensación superficial, pero si existe riesgo de condensación intersticial a partir de un 75% de humedad relativa interior.

Descripción de la sección de análisis de la solución constructiva:

Solución aislante interior pabellón 1 - Liceo José de San Martín.



Para la solución con sobretabique interior, no existe riesgo de condensación superficial ni intersticial, hasta para un 80% de humedad relativa interior. El riesgo de condensación intersticial se inicia con un 93% de humedad relativa, 13 puntos porcentuales sobre lo permitido por la norma.

Por lo tanto, la solución con sobretabique, disminuye el riesgo de condensación superficial e intersticial hasta para un 93% de humedad relativa interior, 13% por sobre lo que exige la norma, no así la solución industrializada, donde el riesgo de condensación intersticial se inicia con un 75% de humedad relativa interior.

Entonces, se sugiere diseñar una solución a medida, con sobre tabique interior, que cumpla con la reglamentación asociada a la zona térmica y que disminuya el riesgo de condensación superficial e intersticial, para garantizar eficiencia energética y durabilidad en el tiempo.

Procedimiento recomendado en la implementación:

1

En primer lugar se debe limpiar y raspar el muro, para eliminar restos de pintura suelta, polvo, telas de arañas, o cualquier elemento que impida la buena adherencia de la espuma de poliuretano proyectada.

2

Una vez limpio el sustrato base, se deberán instalar los pie derechos de madera cepillada seca de 2x2" o superior dependiendo la zona térmica¹⁰, cada 40 cm a eje¹¹. Se deberá tener especial cuidado en las fijaciones para anclar las piezas de 2"x2" al muro, dependiendo si el muro es de hormigón, albañilería o madera. Previo a la instalación de las fijaciones, la madera deberá ser avellanada, para que la cabeza del tornillo quede al ras de la pieza de madera y no dificulte la instalación de la siguiente capa.

3

Una vez afianzado correctamente el sobre tabique con sus pie derechos y soleras, se procede a aplicar la espuma de poliuretano proyectada, entre soleras y pie derechos, cortando el excedente y dejando la espuma al ras de la superficie de la madera.

4

A continuación, se instala una capa de EPS, el espesor y densidad, también dependerá de la zona térmica y del cálculo del riesgo de condensación. Este EPS se debe instalar apaisado y traslapado entre sí, para evitar grandes juntas, se deberá fijar entre sí con cinta adhesiva para facilitar el montaje. La instalación deberá ser meticulosa, sin dejar espacios entre sí, los que se podrán rellenar con más EPS o con espuma de baja expansión. Este EPS será el encargado de romper el puente térmico, generado por las piezas de madera, que confinan la espuma proyectada y serán los encargados de recibir el revestimiento de terminación.

5

Luego, se deberá instalar la barrera de vapor, es imprescindible que siempre se instale hacia la cara caliente¹² de la solución constructiva.

El espesor, densidad y materialidad de la barrera de vapor, estará determinado por el cálculo del riesgo de condensación, basado en la NCh 1973¹³, generalmente se utilizan de papel o polietileno, fijada y traslapada entre sí, mediante cinta adhesiva de alta resistencia, de manera de generar una barrera continua y hermética.

6

Posteriormente, se instala el yeso cartón, fijado con tornillos a los pie derechos que se encuentran distanciados 40 cm entre sí, fijando mecánicamente tanto la barrera de vapor como el EPS.

10 La zona térmica se encuentra indicada en el artículo 4.1.10 OGUC, el espesor de la madera dependerá del espesor de la solución aislante para cumplir con el valor U.

11 Es muy importante mantener la distancia de 40 cm a eje, es la distancia que posteriormente permitirá fijar el yeso cartón.

12 Lo más cercano al ambiente interior.

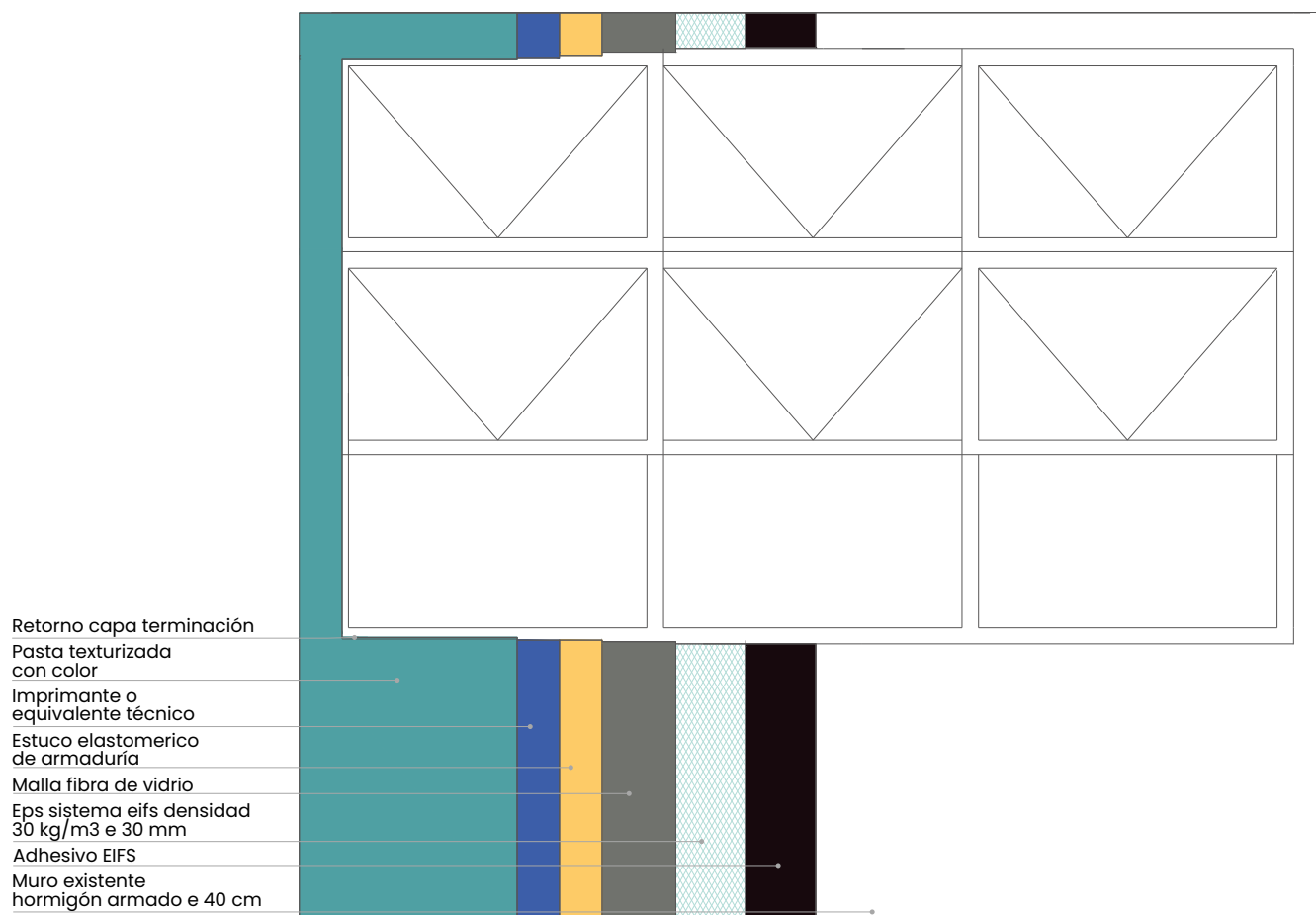
13 NCh 1973 - Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción - Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial - Métodos de cálculo.

Condensación intersticial:

Debido a que la presión de vapor al interior de los recintos ocasiona una diferencia entre la presión de vapor de agua interior y la exterior. Al ser la presión de vapor mayor al interior del recinto, este vapor tenderá a desplazarse en el interior del elemento hacia la zona de menor presión de vapor (caso de muros, techumbres o pisos ventilados). Durante este proceso, conocido como difusión de vapor de agua, es que se puede generar el fenómeno de condensación intersticial.

Se comparte una lámina ejemplificadora del detallamiento de **aislamiento térmico por el interior**.

ELEVACIÓN SOLUCIÓN TIPO EN MUROS ESCALA 1:10



4.3 Complejo de Techumbre

Si bien el instalar aislamiento térmico en la techumbre puede resultar más conocido, hay diversas maneras de realizarlo y en el presente capítulo se exponen las soluciones más utilizadas tanto para cielos horizontales como inclinados.

Cielos Horizontales

Para los cielos horizontales, la aplicación de la solución aislante dependerá de si se realiza desde el exterior, lo cual implica retirar y reinstalar la cubierta existente o reemplazarla por una nueva¹⁴, o si se lleva a cabo desde el interior, accediendo a través de gateras en el cielo.

[Enlace a detalles](#) 

Aislación Térmica desde el Exterior:

En el caso que sea posible retirar, reinstalar o recambiar la cubierta, la solución más recomendada es la aplicación de celulosa proyectada, que tiene una baja conductividad térmica y bajo factor de resistencia a la difusión de vapor de agua¹⁵ $\mu = < 3,5$, favoreciendo la reducción del riesgo de condensación intersticial.

El espesor se puede definir libremente, de acuerdo al cálculo de transmitancia térmica donde el edificio está emplazado, según zona térmica o confort deseado.

La fibra de celulosa se procesa en una máquina sopladora, llamada Blower, y se transporta con aire utilizando una manguera para disponer el aislante expandido sobre la superficie horizontal de forma seca, suelta tipo manta continua, creando un aislamiento uniforme del espesor que se desee, sin uniones, ni puentes térmicos, cubriendo incluso los elementos estructurales.

Previo a la aplicación de la celulosa, se deberá instalar sobre el cielo una barrera de vapor, siguiendo entrantes y salientes de manera continua. La barrera de vapor de



Celulosa aplicada en cielo horizontal



14 Es recomendable, optar por la opción de reemplazar la cubierta por una nueva, trae complicaciones al momento de implementar, reinstalar la misma cubierta, y que quede 100% estanca.

15 Factor de resistencia al vapor de agua, se define como la relación entre la permeabilidad del aire y la del material en estudio.

polietileno debe ser con uniones traslapadas, fijadas entre sí con cinta adhesiva de alta resistencia. La densidad y espesor de esta barrera de vapor, dependerá del cálculo del riesgo de condensación.

La celulosa proyectada es un producto ecológico, fabricado a partir de materiales reciclados, por lo tanto, no solo proporciona un buen desempeño térmico sino que también contribuye a la sostenibilidad del edificio.

Aislación Térmica desde el Interior:

Cuando se trata de cielos horizontales, ya sean de traslapo de madera o yeso cartón, y se debe realizar la intervención desde el interior, lo más recomendable, es realizar el trabajo mediante gateras.

Gateras

Para la realización de gateras se debe detectar la estructura, con un instrumento detector especializado, para realizar el corte sin pasar a llevar los elementos estructurales. Las dimensiones de la gatera debe ser al menos de 60 x 60 cm.

En este caso, el sistema aislante más recomendado es la lana en rollo, ya sea de vidrio o mineral.

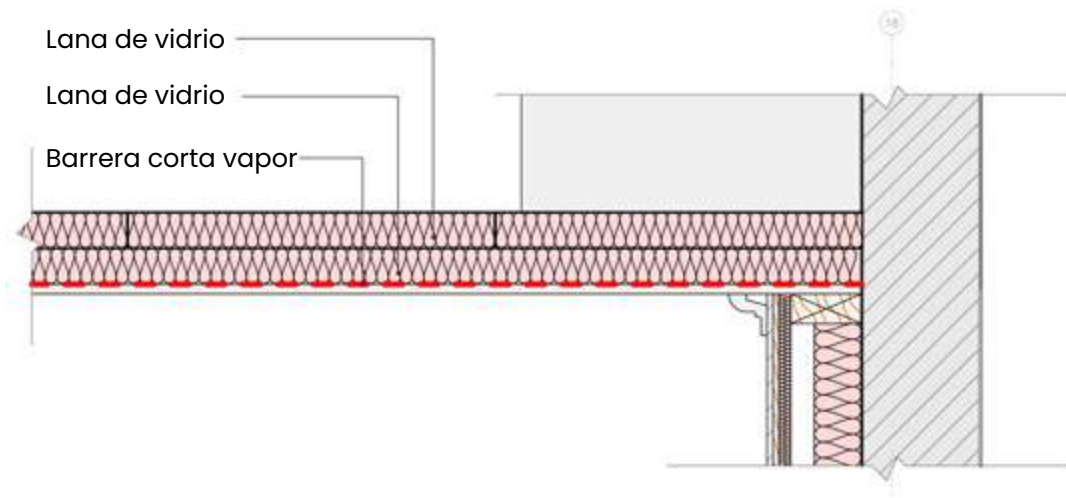
Lana en Rollo

Se sugiere instalar la lana en al menos dos capas, incluso si con una sola capa se alcanza la transmitancia térmica requerida. Esto permite colocar las capas en direcciones opuestas para entrelazarlas y cubrir los puentes térmicos generados por los elementos estructurales de la techumbre.

La primera capa de lana, deberá ser con papel kraft en una cara, esta cara deberá quedar hacia la cara caliente, esto es hacia el interior (mirando hacia abajo), de manera de actuar como barrera de vapor.

La segunda capa, será de lana libre sin papel, instalada en el otro sentido, pasando sobre cuerdas inferiores y elementos estructurales horizontales de la techumbre.





Las cubiertas siempre deberán ser ventiladas para evitar el sobrecalentamiento, por lo tanto, para zonas muy ventosas, se recomienda instalar sobre la última capa de lana, una malla tipo gallinero. Esto garantizará que la lana, se mantenga en su lugar, sin comprometer la resistencia térmica del sistema.

Cielos Inclinados

Para el caso del complejo techumbre inclinada, ya sea de vigas a la vista o sociedad constructora y ante la imposibilidad de levantar la cubierta para realizar la intervención por el exterior, se recomienda la solución aislante por el interior, asegurando el cumplimiento del valor U, y disminuyendo el riesgo de condensación. A continuación se expone uno de los casos más utilizados correspondiente a una solución mixta con lana de vidrio y EPS.

[Enlace a detalle](#)

Procedimiento Recomendado en la Implementación:

1

Desmantelar el cielo, incluyendo luminarias, canalizaciones, soportes de proyectores, entre otros elementos.

2

A continuación, se instala una capa de lana de vidrio con papel una cara (el papel debe quedar en la cara caliente esto es hacia el interior) de la manera más continua posible, solo interrumpida por elementos estructurales, sobre las vigas existentes, el espesor de esta lana se especifica en base al cálculo del valor U según la zona térmica, en que el edificio se encuentra.

3

Luego, por el interior, se fijan costaneras de madera de 2x2", para permitir la instalación de placas de EPS en el otro sentido de la lana de vidrio.

4

Posteriormente se instala el EPS sobre las costaneras. La densidad y el espesor del EPS, se determina en base al cálculo de riesgo de condensación y valor U.

5

Y finalmente, se fija el yeso cartón a las nuevas costaneras, dejando un cielo limpio, sin elementos estructurales a la vista, aislado térmicamente, sin riesgo de condensación y libre de pérdidas energéticas.



Cielo inclinado con capa de lana de vidrio y costaneras en el otro sentido.



Instalación de EPS en cielo.



Cielo posterior a la implementación.

NOTA: Considera que los materiales aislantes mencionados en las soluciones anteriores, son parte de los diversos materiales que pueden instalarse como parte de una aislación de cielo o cubierta. Hoy en día existe en el mercado una variedad de lanas y fibras, inclusive cubiertas prefabricadas con aislación incorporada, que permiten soluciones igual de efectivas.

Pisos Ventilados

El aislamiento en pisos ventilados busca reducir la entrada de frío o calor a través del piso, ayudando a eliminar los puentes térmicos y humedades, mejorando así tanto la durabilidad del recinto como la calidad del ambiente interior.

Este tipo de aislamiento consiste en la incorporación de materiales aislantes en la cámara de aire que se crea entre el suelo y la superficie del piso, evitando así la transferencia de calor y minimizando problemas de humedad y condensación.

Los sistemas de aislamiento en pisos ventilados son adaptables a distintas estructuras, como losas ventiladas de hormigón o pisos sobre estructura de madera. Cada sistema presenta características específicas en cuanto a materiales y métodos de fijación, que se seleccionan en función del clima, el tipo de edificación y el nivel de aislamiento requerido.

Losa Ventilada

La losa de hormigón armado ventilada se refiere a la zona horizontal de una edificación que no está en contacto con el terreno, donde se produce intercambio de temperatura entre el interior y el aire exterior. La forma más común de aislar estas losas, es con el sistema EIFS anteriormente descrito, que permite realizar una envolvente térmica continua, capaz de unirse con la envolvente muro, eliminando los puentes térmicos. El espesor y densidad del EPS que conforma el complejo será en función del valor U, según la zona térmica donde se emplace.

La consideración adicional que se debe tener en cuenta para este sistema, es que además de la capa base para fijar el EPS a la zona inferior de la losa, considerando que el EIFS se pone de manera horizontal, se debe considerar una fijación mecánica, llamada Espiga Rocket cuya materialidad es polipropileno con fibra de vidrio. Se recomienda utilizar 8 fijaciones por plancha de EPS, sin llegar a los bordes.

[Escantillón D-03](#)

Este sistema de losa ventilada con aislamiento permite optimizar el rendimiento térmico del edificio, mejorar el





confort interior y contribuir a la reducción del consumo energético asociado a la climatización.

Piso Ventilado de Madera

Para los pisos ventilados de madera, donde la estructura del recinto se monta sobre apoyos puntuales de hormigón, es esencial realizar una inspección previa para evaluar si el aislamiento puede ser instalado desde abajo. Este análisis es crucial para verificar si existe suficiente espacio para que se pueda acceder y operar herramientas desde la parte inferior de la estructura.

Si el espacio bajo la estructura es accesible, se podrán incorporar capas de aislamiento térmico según el valor U requerido para la zona climática, además de calcular el riesgo de condensación tanto superficial como intersticial. Las capas de aislamiento deben ser diseñadas en sentidos opuestos, de manera de minimizar los sectores sin aislación interrumpidas por elementos estructurales.

Si no se cuenta con el espacio exterior necesario, será imprescindible considerar un recambio completo del piso. En este caso, el piso existente deberá ser retirado para poder aplicar una solución de aislamiento. Esto implica fijar piezas de madera en las caras laterales de las vigas inferiores, lo que permitirá el montaje de una plancha de terciado tratada previamente contra la humedad. Esta plancha funcionará como base para la aplicación de las capas de aislamiento.

Para maximizar la efectividad del aislamiento y reducir al mínimo los puentes térmicos, se recomienda aplicar el material aislante en dos direcciones. Este enfoque de doble capa garantiza una cobertura uniforme y aumenta la eficiencia térmica del sistema, proporcionando un ambiente más confortable y eficiente en términos energéticos.

A continuación se comparte un video del Ministerio de Energía donde se explica el procedimiento de aislación Térmica en Piso ventilado: Aislación Térmica - Piso ventilado, [Ver el video aquí](#).

Solución Maciza para Recambio de Pavimentos

En edificaciones de dos o más pisos con pisos conformados por entablado de madera sobre un envigado de madera, es común que, con el tiempo, sea necesario un recambio debido a diversos problemas como desniveles, mala acústica, acumulación de ácaros, entre otros. Además, las infiltraciones de aire que se producen agravan el discomfort térmico, ya que estas infiltraciones constantes no se pueden controlar.

Para solucionar esto, se diseñó una solución aislante con cierta resistencia (suficiente para recibir un pavimento rígido y pesado) denominada P1, que permitió ser base del nuevo pavimento de terminación compuesto por porcelanato.

[Detalle de relleno compactado+xps+radier+porcelanato](#) 



Hito de arranque de obra de la Escuela Neftalí Reyes de Vicuña, Región de Coquimbo.

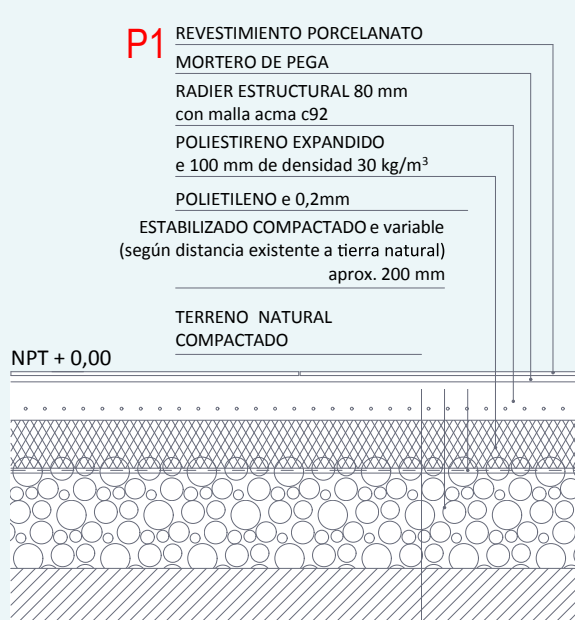
Para este procedimiento considerar:

- 1 Realizar la compactación del estabilizado posterior al desarme de la estructura y revestimiento de madera.
- 2 Realizar ensayo con densímetro nuclear, para asegurar la estabilidad.
- 3 Instalar una capa de polietileno de al menos 200 micras de espesor, con uniones traslapadas y selladas en al menos 30 cm.
- 4 Instalar el EPS, que deberá tener una densidad de al menos 30 kg/m³, es preferible especificarlas de largo continuo, ya que se fabrican en largos de hasta 8m, que coincide con la crujía de la mayoría de las salas de clases.
- 5 Hormigonar el radier con doble malla acma. Se recomienda especificar que el hormigón sea suministrado desde una planta premezcladora, para realizar el hormigonado de una vez, evitando la formación de juntas frías o discontinuidades que podrían comprometer la resistencia y uniformidad del radier. No se recomienda un espesor menor a 80 mm, para evitar problemas de deformación y comprometer la rigidez y durabilidad del radier, aumentando el riesgo de fisuras y asentamientos con el tiempo.
- 6 Instalar porcelanato y las respectivas juntas elásticas, que son esenciales para permitir que el pavimento absorba las dilataciones y contracciones naturales debido a cambios de temperatura o movimientos sísmicos. Estas juntas elásticas, permiten que el porcelanato pueda desplazarse levemente, evitando que se agrieten o despeguen del sustrato.

Esta solución aislante y de terminación, permite eliminar los problemas señalados al inicio y ofrecer además una superficie fácil de limpiar y mantener.



Recordar que al momento de dibujar los planos es importante definir el punto de partida de la instalación del porcelanato y señalar las juntas elásticas cada 3 metros en ambos sentidos.



5. Proyectos Integrales

En el marco del Programa, se llevaron a cabo medidas de conservación complementarias al acondicionamiento térmico en función de las necesidades de los establecimientos. En algunos casos estas intervenciones consideraron mejoras en la accesibilidad universal, asegurando que todos los espacios fueran inclusivos y funcionales para estudiantes con diferentes capacidades. Asimismo, se realizaron reformas en los servicios higiénicos, garantizando condiciones adecuadas y seguras para el uso de toda la comunidad escolar. Finalmente, el recambio de luminarias por tecnología LED no solo contribuyó a una mayor eficiencia energética, sino que también mejoró la iluminación en aulas y espacios comunes, creando un entorno más saludable y acogedor para el aprendizaje.

Estas intervenciones se complementan de manera sinérgica, potenciando el bienestar y la calidad educativa en los establecimientos.



Accesibilidad Universal: Se implementó una serie de adecuaciones a la ruta accesible que garantizaron que todos los espacios del primer piso fueran inclusivos y funcionales para todos los estudiantes, sin importar sus capacidades físicas. Esto incluyó la instalación de rampas de acceso en entradas principales cuantos éstas faltaban, la adecuación de las existentes incluyendo señalización táctil y visual, reposición de barandas y mejoramiento de las superficies desniveladas. También en algunos establecimientos se pudo habilitar servicios higiénicos con accesibilidad universal en primer piso avanzando hacia el cumplimiento normativo establecido en el DS N° 50 del 4/3/201.

A la hora de diseñar, se deberá tener en consideración el espacio disponible para implementar cualquier intervención de piso (aislación, recambio de pavimentos, etc.), debido a que el nivel de piso interior de la sala, debe coincidir exactamente con el nivel de piso terminado de los pasillos. Esta precisión evita problemas de tropiezos y garantiza la accesibilidad, cumpliendo con la normativa vigente (Art. 4.1.7 OGUC¹⁶).

Recambio de artefactos sanitarios: Se consideró en algunos recintos escolares el reemplazo de los artefactos existentes por nuevos y más eficientes, sin modificar la cantidad actualmente instalada. En algunos establecimientos esta mejora incorporó cubículos o separadores de WC y de urinarios, reemplazo de lavamanos continuos por individuales y/o reemplazo de urinarios continuos o de obra por urinarios individuales, recambio de cerámicos de piso y muros y recambio de quincallería.

Equipos y luminarias con tecnología LED: Se consideró el recambio de equipos de iluminación y sus lámparas por tecnología LED enfocando esta intervención en los recintos docentes y en pasillos de circulación de estudiantes. De igual forma, en algunos establecimientos se cambiaron materiales del sistema de conducción eléctrica dejándolos operativos y cumpliendo con la normativa vigente.

Cabe mencionar, que también se realizaron intervenciones de conservación más comunes, en la mayoría de los establecimientos considerando: pinturas interiores en muros y cielos, pinturas de fachadas, mejoramiento de cubiertas (en algunos casos con reemplazo), incluso con retiro de asbesto cemento.



16 OGUC, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.



CAPÍTULO

5

Implementación de Proyectos de Acondiciona- miento Térmico

El objetivo de este capítulo es compartir la experiencia y los aprendizajes adquiridos durante la implementación de 42 proyectos de acondicionamiento térmico. Se presentan los aspectos clave necesarios para iniciar un proyecto de esta índole, se ofrecen consejos prácticos para su ejecución y se abordan casos con diversas problemáticas que deben considerarse a lo largo del proceso. Además, se hace hincapié en la importancia de la operación y el mantenimiento de las soluciones implementadas. Finalmente, se proporcionan recomendaciones sobre la gestión y el control de los contratos asociados, con el fin de optimizar la ejecución de futuros proyectos.



1. Consideraciones Previas

Con el objetivo de asegurar la correcta ejecución de proyectos de acondicionamiento térmico en establecimientos educacionales, es fundamental realizar una planificación integral **previo al inicio de las obras**. El objetivo principal no es sólo lograr una ejecución eficiente y segura, sino minimizar las posibles interferencias con el desarrollo de la jornada escolar. Los principales aspectos a considerar son:

1.1 Definición de Responsabilidades

Es importante coordinar e identificar los actores involucrados en el proyecto. Esto incluye la definición clara de los roles y responsabilidades de cada participante durante la implementación de los trabajos.

Una correcta coordinación permitirá una toma de decisiones ágil y eficaz. Para ello, es recomendable establecer como mínimo:

- **Contraparte Técnica (Agencia o mandante):**

Designar un responsable, que actúe como enlace técnico entre la obra y el sostenedor, quien tomará decisiones sobre posibles modificaciones, resolverá imprevistos y gestionará los conflictos que puedan surgir durante la implementación.

Se recomienda que este profesional corresponda al rubro de la construcción (arquitecto, constructor o ingeniero) y que posea experiencia en terreno e idealmente en gestión de proyectos.

- **Contraparte por parte del sostenedor:** Designar un responsable, que actúe como enlace entre el establecimiento y el mandante (en este caso la Agencia), quien apoyará las gestiones del mandante, aportará en la toma de decisiones y mantendrá informado al establecimiento de estas.

Se recomienda celebrar un convenio de colaboración entre la institución mandante y la institución sostenedora o administradora de la edificación, para establecer estas contrapartes y delimitar claramente los roles de cada parte.



- **Gestión de acceso por parte del establecimiento:** Es necesario asignar a una persona responsable de autorizar el ingreso del personal a las instalaciones del establecimiento, de gestionar los accesos a los diferentes espacios donde se realizarán las obras y garantizar que el tránsito del personal no interfiera con el desarrollo de las actividades escolares.

Se recomienda mantener a la comunidad educativa constantemente informada de los trabajos que se están realizando y los que se realizan para minimizar riesgos y eventualidades. En general la gestión de acceso se realiza por parte del personal de la propia edificación, la que deberá ser designada e informada a través del sostenedor, como contraparte técnica oficial.

- **Personal autorizado para acceder a la obra por parte del contratista:** Se sugiere elaborar un listado de las personas autorizadas a circular en las áreas donde se ejecuta el proyecto, tanto de trabajadores, como de autoridades y otros actores relevantes. Este control ayudará a mantener el orden, evitar riesgos para el personal no autorizado y preservar la seguridad en la obra.

Se establece, como mínimo, poner un/a jefe/jefa de proyecto, un/a residente de obra y un/a prevencionista de riesgo por parte del equipo del contratista a cargo, quienes se harán responsables de mantener toda la documentación de los trabajadores vigente y a la vista.

Se exige que el contratista mantenga en la obra una carpeta con la siguiente documentación relativa al personal:

- Disposiciones o reglamentación propia del establecimiento beneficiario.
- Documentación del personal que ingresará al establecimiento, con detalle para cada uno de ellos / ellas: Nombre, RUT, fotocopia de C.I, **Certificado de Antecedentes y Certificado de Inhabilidad, este último especialmente importante para trabajo en recintos con menores de edad.**
- Copia de los contratos de trabajo de todo el personal que ingrese al establecimiento.
- Copia de exámenes ocupacionales y entrega de elementos de protección personal. Acta de Obligación de Informar (ODI), Ley 16744, Decreto 40, artículo 21 y todo lo relacionado a la legislación laboral vigente.
- Acta de entrega Reglamento de Orden, Higiene y Seguridad de la empresa.
- Todo lo establecido en el DS 594 "Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo".




1.2 Plan de Contingencia

Para los establecimientos educacionales, se deberá desarrollar un plan de contingencia que permita organizar, coordinar y proteger a la comunidad educativa, asegurando que las labores de construcción se realicen de manera segura y eficiente, mitigando las interrupciones del funcionamiento diario del establecimiento.

El plan de contingencia debe contar, además, con la aprobación de la Seremía de Educación, Seremía de Salud, la Dirección de Obras Municipales (en caso de requerir permisos) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), si las obras involucran mejoras en instalaciones eléctricas.

Cabe destacar que dicho plan deberá ser elaborado y gestionado por el sostenedor del establecimiento, por lo que es relevante que pueda ser desarrollado con antelación y contar con todos los insumos necesarios por parte de la entidad implementadora.

Como antecedente, durante la implementación del Programa Mejor Escuela, los planes de contingencia, fueron elaborados en colaboración con los sostenedores lo que garantizó un correcto seguimiento de los procesos. En este sentido se recomienda que su desarrollo y contenido debe ser consensuado tanto con el sostenedor como con la comunidad educativa, considerando la mayor cantidad de situaciones imprevistas, tales como: Cortes de agua, luz, tránsito, entre otras. Adicionalmente, es importante que **se desarrolle previo a la licitación de la implementación**, ya que este será un insumo fundamental para que el contratista pueda presupuestar los gastos operacionales asociados a estos requerimientos.

A continuación, se comparte un ejemplo de plan de contingencia propuesto por la Agencia y validado por sostenedores a presentar a Ministerio de Educación: [Plan Contingencia Ollague V.5_sept2024.pdf](#) . Así mismo, se enumeran los principales puntos a definir en este documento:

- Cronograma del proyecto con sus respectivas etapas de ejecución.



- Horarios de la faena y jornada escolar.
- Periodo de implementación: Se recomienda que la ejecución se realice preferentemente durante las vacaciones de verano, ya que involucra intervenciones significativas en el perímetro y fachadas de las escuelas. De no ser posible, se debe priorizar la ejecución de las partidas críticas durante los periodos sin estudiantes.
- Medidas de Mitigación: Dependiendo del emplazamiento del establecimiento, zona rural o urbana, se podrán adoptar diferentes estrategias, tales como: La reducción de la jornada escolar, suspensión de clases, horarios diferidos para transporte escolar, entre otras.
- Reducción de impacto de ruido y polución.
- Información gráfica: Elaboración de planimetría que muestre la zonificación de los espacios requeridos para la ejecución de la obra en sus distintas etapas, como: Instalación de faena, cierre perimetral, zonas de acopio de materiales y escombros, circulación diferenciada entre trabajadores y estudiantes.
- Establecer canales de comunicación para las actividades diarias tanto de obra como del establecimiento educacional, ejemplo: Ingreso de materiales, acceso de obra a zonas de uso permanente por el establecimiento educacional, actividades no Programadas para la comunidad educativa, entre otros.
- Contar con el seguimiento de prevencionista de riesgos, el cual pueda velar por el cumplimiento de la normativa vigente y alertar de forma temprana situaciones de riesgo, especialmente zonas de tráfico de estudiantes.

Finalmente, se debe tener en consideración que cualquier tipo de intervención, generará un cambio en el desarrollo normal de las actividades del establecimiento, por lo que es relevante la continua comunicación entre los diferentes actores involucrados, la colaboración continua y una programación detallada de la obra.



1.3 Habilitación de Espacios y Resguardo de Material Escolar

Para el correcto desarrollo de los trabajos, se deberá considerar la habilitación de los recintos interiores, a través del retiro de mobiliario escolar, material educativo, elementos de valor y dispositivos electrónicos tales como: Proyector, computadores, impresoras, routers, etc.

Se recomienda que estos sean inventariados mediante acta y retirados por la comunidad educativa en conjunto con el sostenedor, para evitar daños y pérdidas durante la implementación de la obra. Idealmente, se sugiere que puedan ser resguardados en otro recinto o en su defecto en un recinto cerrado con llaves.

1.4 Gestión de Residuos

Cumplir con la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) no solo implica adherirse a la normativa vigente (NCH 3562), sino que también ofrece la oportunidad de generar un impacto positivo en las comunidades, donde se realiza el proyecto. Esto se logra mediante una gestión sustentable en las obras, promoviendo la reducción, valorización y disposición final adecuada de los residuos.

Es fundamental definir previamente los alcances del plan de gestión RCD, así como establecer protocolos claros con los actores involucrados en el proyecto. Esto permite asegurar una correcta identificación, estimación, clasificación, logística y acopio de los residuos, además de fomentar la trazabilidad para garantizar el destino adecuado de los elementos reciclados y reutilizados. De esta manera, materiales como puertas, ventanas, madera o cubiertas de zinc, entre otros, pueden ser reutilizados por la comunidad, gestionados y/o valorizados por recicladores locales.

Se recomienda que las donaciones de materiales para reutilización sean registradas en acta de entrega para luego poder cuantificar la reutilización junto al sostenedor y la comunidad escolar.

1.5 Permisos

Con la finalidad de conocer las condicionantes urbanísticas de la zona en que se emplaza y evitar problemas futuros al





momento de implementar, es recomendable solicitar en la Dirección de Obras de la municipalidad correspondiente, el Certificado de Informaciones Previas (CIP).

Es factible, que en la zona donde se piensa proyectar, la comuna cuente con plan seccional o condicionantes urbanísticas propias de una zona histórica, lo que puede afectar la paleta de colores del diseño o materialidades de terminación de la envolvente que conforman las fachadas, como exigencias de porcentajes de piedra o madera a modo de ejemplo.

Para el caso de proyectos ubicados en cascos urbanos, y en caso de requerir la instalación de andamios en la vereda, será necesario gestionar el Permiso de Ocupación de Vereda, por parte de la empresa contratista para poder trabajar la envolvente. En este caso, se deberá dar garantías al Departamento de Pavimentación, por las veredas a utilizar, las cuales deben quedar en igual o mejores condiciones. Este trámite toma al menos 15 días hábiles, dependiendo de la municipalidad, por lo que es importante considerar estos tiempos en la programación del proyecto.

Para obras ubicadas en zonas históricas, se recomienda revisar la necesidad de ingresar una solicitud al Departamento de Patrimonio, para que autorice los trabajos en fachadas y defina la paleta de colores permitidos para dicha zona.

En general los proyectos de conservación, no requieren Permiso de Edificación, se pueden acoger al artículo 5.1.2 de la OGUC, ya que se trata de obras de carácter no estructural al interior o en la fachada de una edificación existente, las cuales pueden incluir la modificación de instalaciones o de tabiques no soportantes, siempre que no impliquen la ampliación de superficie, modificación de la carga de ocupación, cambio de destino o la modificación del destino o actividad.

Para los casos de conservación, y cuando la municipalidad lo solicite, al finalizar las obras, se deberá presentar un expediente informativo a la respectiva Dirección de Obras Municipales que contendrá los siguientes documentos y antecedentes, suscritos por el propietario y el arquitecto:

- Planos del proyecto.
- Especificaciones Técnicas.
- Planos de las instalaciones que se incorporan o modifican, incluyendo los certificados de recepción de éstas por la autoridad competente, cuando corresponda.
- Informe del Arquitecto, identificando la normativa legal, reglamentaria y técnica aplicable al proyecto, señalando que éste no altera la estructura de la edificación y que las obras fueron ejecutadas de conformidad a dicho proyecto.

Por otra parte, todavía hay establecimientos que cuentan con cubiertas de asbesto cemento, las que requieren ser recambiadas. Para planificar este reemplazo, se debe contemplar un plazo mínimo de 15 días hábiles, para revisión del protocolo presentado en la Secretaría Ministerial de Salud correspondiente.

Para el caso de Asbesto No Friable (material en buen estado de conservación, no dañado ni roto), el propietario/a debe presentar la siguiente documentación:

- Solicitud de Autorización de Tratamiento y/o Disposición Final de Residuos Sólidos Industriales
- Formulario de Notificación de Inicio de Trabajos con Asbesto No Friable
- Plan de Trabajo, que debe incluir:
 - ◊ Procedimiento de retiro de Material con presencia de Asbesto.
 - ◊ Documento que acredite que los trabajadores están insertos en un Plan de Vigilancia Epidemiológico.
 - ◊ Procedimientos de trabajo en altura.
 - ◊ Listado de trabajadores.
 - ◊ Fotocopia de carnet.
 - ◊ Copia de contrato de trabajo.
 - ◊ Registro de capacitación de trabajadores, por riesgo exposición a materiales que contengan Asbesto.
- Autorización firmada por propietario/a.



Los trabajos de retiro de asbesto cemento, no se podrán iniciar hasta contar con la respectiva Resolución de Autorización Sanitaria, para la disposición final de los residuos con asbesto, por lo cual es importante considerar ese tiempo a la planificación de la Obra.

2. Aprendizajes de la Implementación del Programa Mejor Escuela

La implementación del Programa Mejor Escuela ha brindado valiosas lecciones desde diversas áreas: Técnicas, logísticas, administrativas y comunitarias. En este sentido, de las 42 implementaciones se han seleccionado cinco proyectos representativos, identificando aprendizajes claves que ayudarán a optimizar futuros proyectos con foco en eficiencia energética y sostenibilidad.


A continuación, se describen las principales lecciones aprendidas, desafíos enfrentados y sugerencias.



Inauguración Escuela Rural Teresa Cárdenas de Paredes de Quinchao, Región de Los Lagos.

2.1 Del Desierto al Aula

Colegio Simón Bolívar, comuna de Alto Hospicio, Región de Tarapacá

- Zona Térmica A - Clima desértico
- 1.404 Alumnos¹⁷ - 20 personas contratadas¹⁸
- Planimetría proyecto: [Set de planos \(PDF\)](#) 

COLEGIO SIMÓN BOLÍVAR
ALTO HOSPICIO, REGIÓN DE TARAPACÁ

CATEGORÍA 2

LICITACIÓN ADJUDICADA 30-08-2023

1. Acondicionamiento térmico de la envolvente

Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores.
Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos.
Sistema de aislación térmica EIFS para pisos ventilados.
Instalación de DVH en ventanas.
Recambio de puertas con aislación térmica.

2. Medidas activas

Recambio de luminarias a LED.

3. Obras de conservación

Acabado exterior en zonas sin aislación térmica.
Pintura en cielos y muros interiores de aulas.
Mantenimiento de protecciones metálicas.



SE ADJUDICA A
SOCIEDAD COMERCIAL INKA THAKI LIMITADA

PRESUPUESTO
\$787.050.613

I. Introducción

La zona del territorio donde se encuentra ubicado el establecimiento es desértico con clima dominante marítimo y con las siguientes características:

- Poca oscilación diaria de temperatura.
- Nubosidad y humedad que disipa al medio día.
- Soleamiento fuerte en las tardes.

¹⁷ MINEDUC. (2022). Datos Abiertos MINEDUC. Obtenido de <https://datosabiertos.mineduc.cl/>

¹⁸ Personal total que trabajó para la obra, obtenido de encuesta Mejor Escuela realizada a los contratistas.

- Precipitaciones nulas
- Vientos dominantes del Sur y Suroeste, con alguna interferencia de brisa de mar y tierra.
- Atmósfera y suelos salinos.
- Vegetación nula o escasa³.

El establecimiento abarca una manzana completa en el casco urbano de la comuna y está construido en dos pisos, utilizando albañilería reforzada con marcos de hormigón armado en pilares, vigas y losas. En particular el liceo contaba con medidas de mitigación para los efectos de la radiación solar como sombreaderos en patios y áreas de circulación, proporcionando sombra y confort. Además, contaba con protecciones en los cielos de los espacios comunes de juego, contribuyendo a reducir la temperatura en estas zonas, lo que ayudó a enfocar las medidas implementadas desde el Programa para mitigar los problemas en invierno.

II. Problemática

El colegio presentaba deficiencias significativas en términos de aislación térmica, tanto en los muros como en el complejo de techumbre y piso ventilado. Las superficies acristaladas de los recintos docentes estaban compuestas por marcos de aluminio con vidrios simples, lo que incrementa las pérdidas de calor y el ingreso de radiación solar sin control.

Esta falta de aislación no se alineaba con las exigencias climáticas de la zona, caracterizada por alta radiación solar, lo que afectaba negativamente la sensación de confort térmico interior, especialmente durante las tardes.



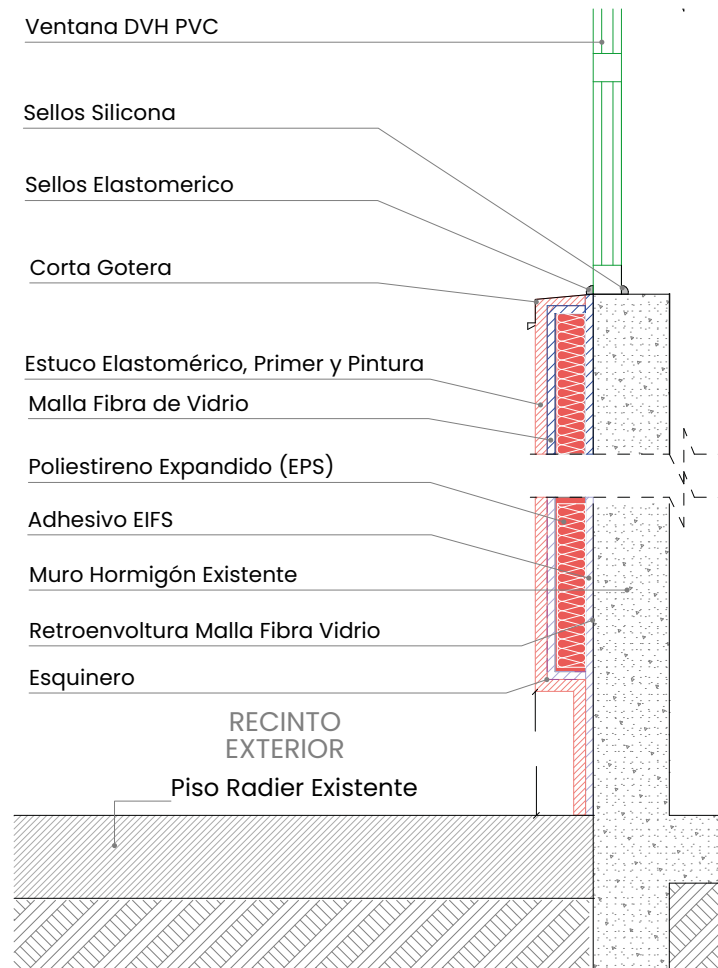
Información basada en la Normativa NCh 1079/2008 – Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

III. Propuesta

Uno de los principales desafíos del establecimiento fue equilibrar las condiciones climáticas exteriores con las necesidades de confort en las aulas. Para ello, se definió el acondicionamiento térmico de muros y pisos ventilados con el sistema EIFS cuyo aislante corresponde a poliestireno expandido de 20 mm de espesor y 20 kg/m³ de densidad. Asimismo, se realizó el recambio de todas las superficies acristaladas de aulas y recintos docentes por el sistema de doble vidrio hermético en configuración 6/12/6 mm y 5/10/5 mm. El complejo de techumbre se aisló térmicamente con una capa de lana de fibra de vidrio de 50 mm de espesor, densidad de 11 kg/m³, con una de sus caras con papel para barrera de vapor hacia el lado interior (cara caliente) del cielo de las aulas.

Se comparte a continuación la lámina del detallamiento del EIFS instalado en el establecimiento: [LA-19-CSB-ARQ-ES-01-06-C-02.pdf](#) .





D05: EIFS MHA Encuentro con piso – Encuentro con ventana Sistema EIFS para muro hormigón armado. ES-04-C.



Instalación de aislación térmica en muros con sistema EIFS | Imagen 4. Preparación de cielo para recibir lana de vidrio de 50 mm de espesor.

Con estas mejoras se logró un avance en el confort térmico de sus aulas, favoreciendo una regulación de la temperatura interior, disminuyendo la sensación de calor causada por la intensa radiación solar durante el día y contribuyó a estabilizar las temperaturas de las aulas al inicio de la jornada escolar.

IV. Conclusiones

La implementación de un proyecto de conservación con foco en acondicionamiento térmico en el Colegio Simón Bolívar ha sido un referente para proyectos educativos en las zonas del norte del país. Las intervenciones en muros, techumbre y ventanas complementaron las medidas de mitigación por radiación que ya existían en el establecimiento, lo que equilibró el comportamiento térmico y benefició a los más de 1000 estudiantes del colegio. De igual forma la experiencia contribuyó en la comprensión de la necesidad de evaluar las medidas pertinentes en edificios existentes para proyectos futuros en la Región, incluyendo las relacionadas a las problemáticas del verano.



Colegio Simón Bolívar de Alto Hospicio.

En conclusión, aunque los proyectos del Programa Mejor Escuela han logrado avances importantes en la mejora de la eficiencia energética mediante la aislación térmica y conservación de los espacios, es esencial considerar intervenciones adicionales para abordar los desafíos de sobrecalentamiento, especialmente en zonas con alta radiación solar como es el norte del país. Las estrategias recomendadas incluyen la implementación de sombras, especialmente en las ventanas, y asegurar una buena ventilación, en primera instancia pasiva, asegurando la generación de ventilación cruzada y, en casos más extremos, la incorporación de bombas de calor aire-aire. Estas acciones son las que permitirán optimizar el confort térmico durante los meses más cálidos en las zonas desérticas de alta radiación y variación de temperatura.




Nuevas ventanas de doble vidrio hermético con marcos de PVC.
Se aprecia la sombra tamizada de los sombreaderos.



Sombreaderos en pasillos y patios del establecimiento.

2.2 Cómo Abordar Múltiples Tipologías Constructivas

Escuela Básica N°263 Ramón Freire, comuna de Maipú, Región Metropolitana

- Zona Térmica D – Clima Mediterráneo
- 525 Alumnos – 15 personas contratadas para la obra.
- Planimetría proyecto: [A.1.2 PLANOS PDF. As-Built](#) 

ESCUELA BÁSICA N° 263 RAMÓN FREIRE
MAIPÚ, REGIÓN METROPOLITANA

CATEGORÍA 2

LICITACIÓN ADJUDICADA 31-03-2023

1. Acondicionamiento térmico de la envolvente

Aislante térmico EIFS en muros.

Aislante térmico en cielos:

- EPS en cielos inclinados.
- Lana de vidrio en cielos horizontales.

Aislantes térmicos en pisos ventilados.

Instalación de DVH en ventanas.

Recambio de puertas con aislación térmica.

2. Medidas activas

Recambio de luminarias a LED.

3. Obras habilitantes

Adaptación de ruta accesible.

4. Obras de conservación

Pintura muros interiores.

Acabado exterior en zonas sin aislación térmica.

Retranqueo de puertas.

Reparación y pintura de cielos.



SE ADJUDICA A
RBA INGENIERÍA S.A.

PRESUPUESTO
\$626.852.615

I. Introducción

La Escuela se encuentra ubicada en la zona urbana de la comuna de Maipú, en la región Metropolitana. El clima se caracteriza por lo siguiente:

- Altas temperaturas en el verano
- Inviernos de 4 a 5 meses
- Intensidad de humedad relativa media y heladas en aumento en el período de invierno
- Oscilación diaria de temperatura moderada.

Inicialmente, la Escuela fue diseñada y construida con la tipología arquitectónica denominada “Sociedad Constructora” en gran parte del primer piso. Veinte años después, por la necesidad de



aumentar la matrícula dadas las dinámicas sociales de crecimiento de la zona, se demolió la estructura de la techumbre en 3 de los 4 pabellones, con el fin de adicionar un segundo piso que respondiera a la necesidad de contar con nuevas salas de clase y el incremento de matrículas.

Para implementar este segundo piso, se ejecutó una mesa de hormigón sobre el primero piso de tipología Sociedad Constructora, generando un sin fin de desaplomes, juntas, puentes térmicos, infiltraciones de aire, filtraciones de agua, discomfort térmico y problemas de condensación.

II. Problemática

Lo expuesto anteriormente, junto con las características climáticas de la zona y la ineficiencia de la envolvente térmica tanto opaca como vidriada en ambos pisos, resultaba en una amplia oscilación térmica en el interior de la escuela. Esto causaba un sobrecalentamiento de las salas durante el verano y un frío extremo en invierno.

Por tanto, el principal desafío en este establecimiento fue mejorar y unificar la envolvente térmica sobre esta variedad de tipologías constructivas. El objetivo fue eliminar los puentes térmicos, mejorar la envolvente opaca y vidriada, llevándola lo más al exterior posible, de manera de hacerla continua para lograr confort térmico en el interior de los recintos, eliminar el riesgo de condensación, y homogeneizar la fachada de los pabellones

Adicionalmente, la envolvente existente era deficiente en su comportamiento térmico especialmente en el primer piso, el cual se estructura en marcos de acero, con muros perimetrales hacia los deslindes cerrados con albañilería y los interiores con fibrocemento, así como ventanas de vidrio monolítico con marcos de acero. De igual forma, el único pabellón que mantuvo la tipología “Sociedad Constructora” y no sufrió modificaciones, contaba con una techumbre compuesta por cielo inclinado con entablado de madera, vigas metálicas a la vista y cubierta metálica ondulada con aislación de bajo espesor y densidad.



III. Propuesta

Para resolver las diferencias entre las dos tipologías constructivas del primer y segundo piso, se implementaron estructuras de acero galvanizado adosadas a los muros, vigas y losa. Esto permitió unificar el nivel de la fachada y recubrirla en un solo plano con un sistema de revestimiento que incluye aislamiento térmico y acabado, utilizando en este caso el sistema EIFS.

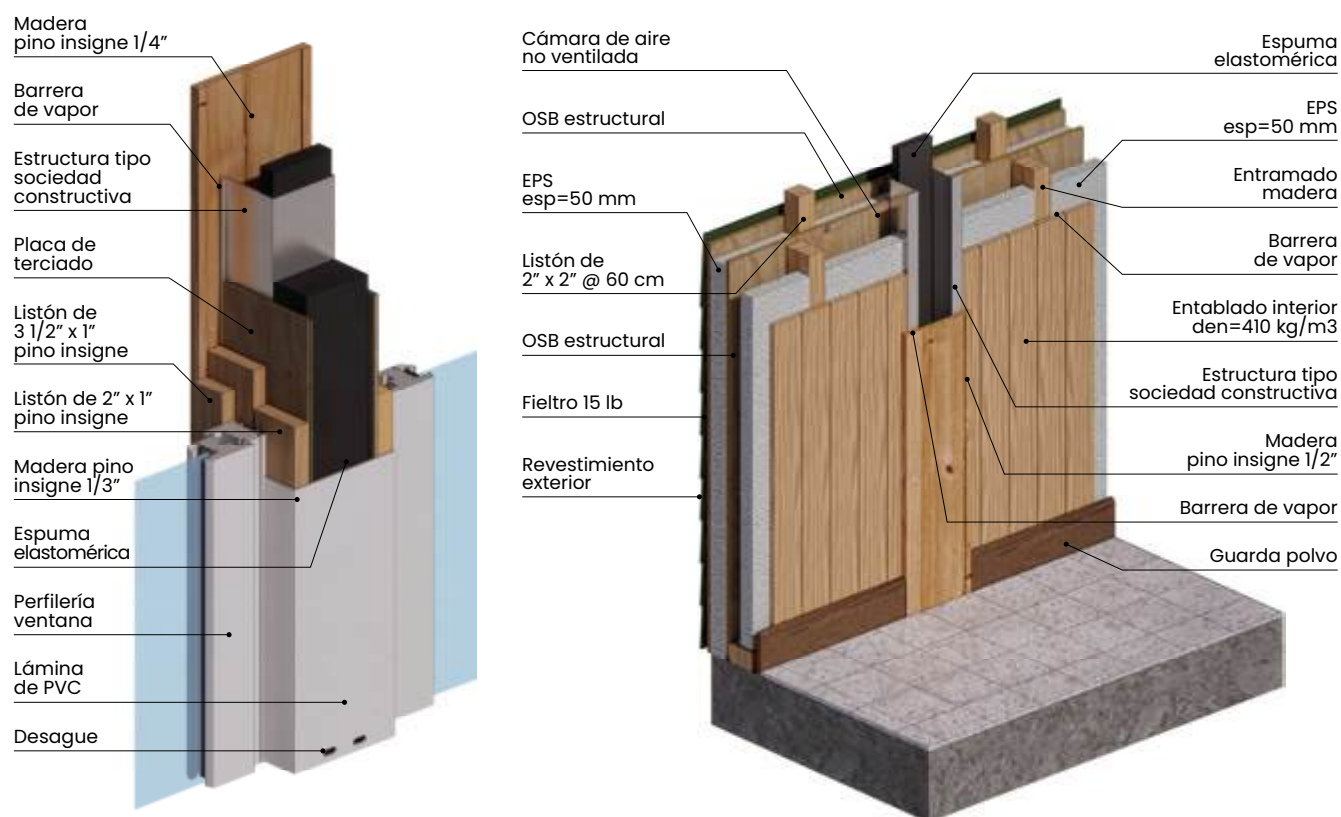
Por otra parte, se decidió evidenciar las diferencias de desaplomes entre los muros existentes con juntas de expansión, de PVC con malla de fibra de vidrio propia del sistema EIFS, en sectores ocultos de la fachada, como es el encuentro de muros y pilares. Esta junta de expansión, permite absorber las diferencias por dilatación y contracción de los distintos materiales que componen el sistema constructivo, evitando la generación de fisuras en el grano de terminación así como la capa base, y por lo tanto, evitar problemas de humedades, por filtraciones de agua.

Para el caso de la tipología “Sociedad Constructora”, si bien el EPS (aislante térmico del sistema EIFS) es factible técnicamente de pegar con espuma sobre la albañilería o fibrocemento, no es recomendable aplicarlo directamente sobre superficies metálicas. Para abordar este problema, se revistieron las piezas metálicas por el exterior, con OSB y posteriormente se les aplicó la barrera de aire en forma líquida, permeable al vapor e impermeable a la humedad, evitando así que el OSB se descascare y que el sistema EIFS se desprenda a futuro.

Sin embargo, la aplicación del sistema EIFS únicamente en el exterior de las piezas metálicas omega, (características de la tipología “Sociedad Constructora”), no resuelve el riesgo de condensación superficial e intersticial. Por ello, se realizó un tratamiento adicional en el interior, en el cual se instaló una barrera de vapor de polietileno y se utilizó EPS de menor densidad que el del exterior para equilibrar la gradiente de temperatura. Finalmente, se instaló un revestimiento interior de MDF. Con esta solución, el riesgo de condensación intersticial se inicia con un 92% de humedad relativa interior y no existe probabilidad de condensación superficial, por



sobre lo que exige la norma¹⁹, donde se acepta el riesgo a partir de un 85% de Humedad Relativa.



Instalación EPS baja densidad en perfiles omega.



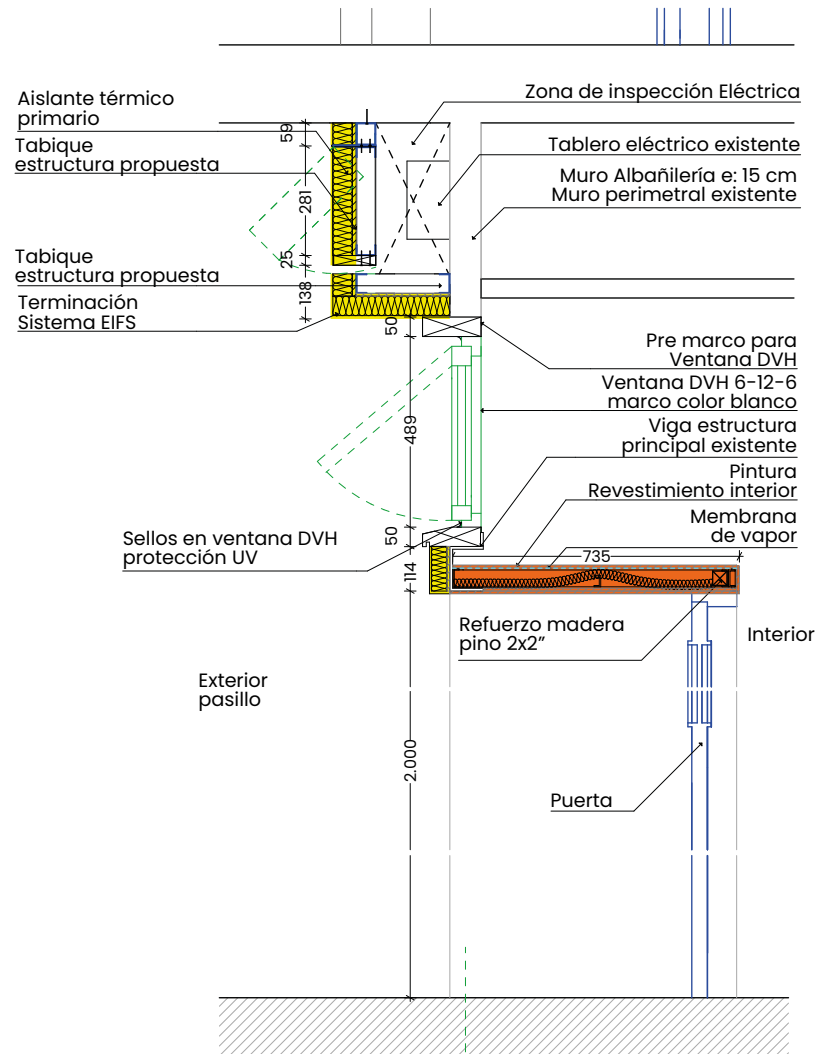
Instalación huinchas MDF sobre perfiles omega.



Perfiles omega, terminados.

19 Normativa NCh 1973 Of.2014 - Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción - Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial - Métodos de cálculo.

Se comparte a continuación la lámina del detallamiento del EIFS instalado en el establecimiento:
[A.9-EBRF-Detalles Pabellón A.pdf](#) y [A.11-EBRF-Detalles Pabellón B y C.pdf](#)



Escantillon D-02

10



Juntas entre muro y pilar.



Junta entre pilares.



Junta entre pilares y muros.

A continuación se muestran imágenes de la sobre estructura de acero galvanizado, que se instaló para unificar las dos tipologías constructivas:



Sobre estructura en acero galvanizado encuentro muro-losa del 2º piso con viga de 1º piso.



Sobre estructura revestida en OSB, para posteriormente recibir la barrera de aire y el sistema EIFS.

El complejo de techumbre fue aislado térmicamente con celulosa proyectada, tanto para cielos inclinados como cielos rasos, pasando sobre vigas, minimizando así, las interrupciones en el sistema aislante por elementos estructurales y por ende una disminución de los puentes térmicos. En este proyecto en particular, se empleó celulosa de color café, la cual se fabrica a partir de cartón reciclado, a diferencia de la celulosa gris que se obtiene principalmente de papel reciclado. A pesar de esta diferencia en el origen de la materia prima y el color resultante, ambas opciones comparten las mismas propiedades higrotérmicas, ya que la base del material sigue siendo la fibra de papel.

IV. Conclusiones

La Escuela Básica N°263 Ramón Freire, presentó un desafío significativo en términos de diseño e implementación debido a la combinación de diferentes tipologías constructivas y la oscilación térmica de la zona. La ampliación anterior de la escuela, que incluyó la adición de un segundo piso a la estructura original, creó una serie de problemas como puentes térmicos, infiltraciones de aire y desajustes en la envolvente térmica, que resultaron en un sobrecalentamiento durante el verano y un frío extremo en invierno.

Para resolver estos problemas, se implementó una solución integral que incluyó la unificación de la envolvente térmica mediante el sistema EIFS a partir de sobre estructuras, la incorporación de juntas de expansión para manejar las dilataciones y contracciones de la diversidad de materiales y sistemas constructivos. Además de la aplicación de un tratamiento específico para las superficies metálicas por el interior, logrando reducir el riesgo de condensación y garantizar un ambiente interior más confortable.

Finalmente, la techumbre fue mejorada con celulosa proyectada para asegurar una mayor eficiencia en el aislamiento térmico, minimizando las interrupciones por elementos estructurales. Con estas medidas, se logró unificar el sistema térmico de la escuela, mejorar el confort interior y cumplir con las normativas vigentes, proporcionando un entorno más estable y confortable para los estudiantes y el personal educativo.



Aplicación primera capa de celulosa en cielo inclinado.



Aplicación de celulosa en cielo horizontal.



Escuela terminada fachada poniente.



Escuela terminada, fachada oriente.



Escuela terminada, fachada oriente, sector Sociedad Constructora + Mesa de Hormigón, revestida en EIFS.




Escuela terminada, interior sala de clases.

Se comparte el video que recoge los testimonios de diferentes actores que hacen parte del proyecto implementado en Maipú: <https://www.youtube.com/watch?v=b2oJuHBrxSs&t=1s> .

2.3 Mujeres, Comunidad y Gestión de Residuos

Escuela Básica El Llano, comuna de Quirihue, Región del Ñuble.

- Zona Térmica E - Clima Mediterráneo
- 162 Alumnos - 18 personas contratadas para la obra.
- Planimetría proyecto: [PDF ASBUILT modificados](#) 

ESCUELA EL LLANO
QUIRIHUE, REGIÓN DE ÑUBLE.

CATEGORÍA 1

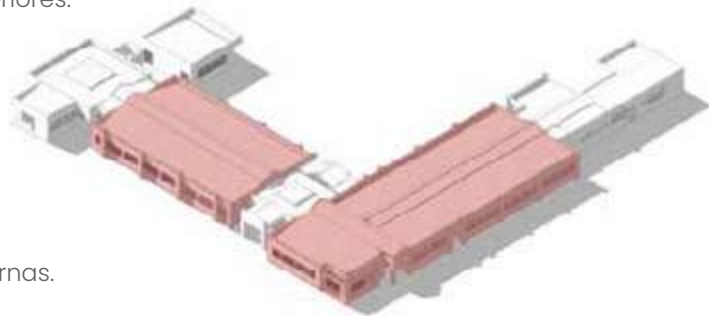
LICITACIÓN ADJUDICADA 25-05-2023

1. Acondicionamiento térmico de la envolvente

Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores.
Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales.
Instalación de DVH en ventanas.
Incorporación de puertas DVH.

2. Obras de conservación

Acabado exterior (pintura) en zonas sin aislación térmica.
Mantenimiento de protecciones metálicas.
Mejoramiento de cubiertas y reposición de lucarnas.



SE ADJUDICA A
MÉNDEZ SCHAFFER CONSTRUCCIÓN Y MONTAJES LIMITADA

PRESUPUESTO
\$305.565.809

I. Introducción

La Escuela se encuentra en la zona urbana de la comuna de Quirihue, en la Región del Ñuble. Este establecimiento se ubica en la zona térmica E de acuerdo con la norma NCh 1079, caracterizada por inviernos suaves, con temperaturas entre 5°C y 15°C, y veranos cálidos pero secos, con temperaturas que oscilan entre 10°C y 25°C.

II. Problemática

A pesar del buen estado de conservación de la escuela y de estar ubicada en un clima favorable, las aulas presentaban un bajo nivel de confort térmico, debido al diseño arquitectónico y a la materialidad del edificio (ladrillo - hormigón), que no cumplía con los requerimientos adecuados de aislación térmica.

Para responder a estas problemáticas, el Programa Mejor Escuela no solo se enfocó en la ejecución de proyectos de acondicionamiento térmico, sino que también asumió el desafío de fomentar buenas prácticas durante su desarrollo, tales como: La participación activa de la comunidad educativa, integración de enfoque de género y la adopción de una gestión sostenible en las obras.



III. Propuesta

La implementación del proyecto se enfocó en mejorar la envolvente de las salas de clases, mediante instalación de sistema EIFS en muros, aislación en cielos con lana de vidrio y recambio de ventanas a doble vidriado hermético. De forma complementaria, se ejecutaron trabajos de conservación, mediante la renovación de pinturas tanto exteriores como interiores.

Cabe destacar que durante el desarrollo de la obra, la empresa contratista con apoyo de la dirección del establecimiento y equipo técnico Agencia, logró incorporar de forma destacable los lineamientos del Programa, a través de un trabajo conjunto que permitió:

Incorporación de mano de obra local: Se contrató a padres y apoderados de la comunidad educativa, logrando un total de 17 trabajadores locales. Esta medida no solo generó empleo en la comunidad, sino que también impulsó la capacitación de sus miembros, fortaleciendo la economía local y promoviendo el desarrollo de competencias laborales especializadas y el cuidado invertido en el trabajo al ser los trabajadores miembros de la misma comunidad.

Enfoque de género: El equipo de profesionales fue conformado por una inspectora técnica y una especialista en prevención de riesgos. Además, se promovió activamente la participación femenina en las labores de construcción, ocupando puestos en el equipo a cargo de la instalación de la aislación de muro, terminaciones, trabajo técnico y de bodega. Gracias a ello, las mujeres representaron un 40% de la mano de obra, lo que contribuyó de manera positiva al desarrollo y a la calidad del proyecto.

Gestión sostenible de residuos: El correcto manejo de los residuos dentro de la faena permitió crear espacios de trabajo más seguros y productivos. Gracias al consumo y uso responsable de los materiales, se logró reducir hasta en un 80% la generación de residuos.





Algunas cifras destacables del proyecto:

Cantidad de Material Donado a la Comunidad Educativa para Reutilización:

- 45 m³ de EPS usado.
- 160 m² de ventanas de aluminio.
- 4 Puertas dobles de Aluminio.

Cantidades de Material Reciclado:

- 100 kilos de chatarra (entregados a comprador de chatarra de Quirihue).
- 160 Tubos de Pegamentos de Poliuretano (Entregados en punto de reciclaje en Stgo).
- 3 Maxi sacos de 1 m³ con residuos de EPS limpio (Entregados en punto de reciclaje en Santiago).

Cantidad de Materiales Correctamente dispuestos:

- 1.300 kilos de residuos no reciclados (escombro de obra).

Proyectos con sentido de pertenencia: Adicionalmente la empresa contratista, accedió a restaurar un mural que formaba parte de la fachada principal del establecimiento. Dicho mural correspondía a un trabajo de artistas locales financiado inicialmente por donaciones de la propia comunidad, por lo que tuvo un gran valor para el establecimiento mantenerlo.




IV. Conclusiones

A través de la implementación del proyecto en la Escuela Básica el Llano, se resalta la importancia de asegurar condiciones de habitabilidad óptimas para la comunidad escolar, mediante mejoras de acondicionamiento térmico, así como integrar criterios transversales de sustentabilidad.

Así mismo, se destaca en este proyecto la estrategia de colaboración entre la empresa contratista y el establecimiento, la buena disposición de la dirección a promover el éxito del proyecto y el compromiso de la comunidad a adaptarse en pos del beneficio otorgado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda considerar para futuras iniciativas:


- Fortalecer la colaboración entre las instituciones, comunidad educativa y empresas contratistas, para promover fuentes laborales y la capacitación de mano de obra local especializada.
- Fomentar la contratación femenina con el objetivo de ampliar el acceso a oportunidades laborales en el sector de la construcción.
- Considerar desde la etapa de diseño y formulación de bases de licitación, abordar el ciclo de vida de los materiales y proyectos.
- Considerar desde la etapa de diseño del proyecto los elementos que caracterizan a la comunidad y su importancia para el buen desarrollo del proyecto.
- Garantizar buenas prácticas en la gestión de residuos para prevención, reutilización, reciclaje, recuperación y trazabilidad.

Se comparte el video que muestra la experiencia de Mejor Escuela en la comuna de Quirihue: <https://www.youtube.com/watch?v=ID-UmRNpoxo> 



2.4 Revolución Térmica y Habitabilidad

Escuela Básica Brisas del Mar, comuna de Arauco, región del Biobío.

- Zona Térmica E – Clima Marítimo, lluvioso.
- 284 Alumnos – 10 personas contratadas para la obra.
- Planimetría proyecto: [Descargar PDF](#) .

ESCUELA BÁSICA BRISAS DEL MAR
ARAUCO, REGIÓN DEL BIOBÍO

CATEGORÍA 1

LICITACIÓN ADJUDICADA 05-10-2023

1. Acondicionamiento térmico de la envolvente

Sistema de aislación térmica en muros y losa:
EIFS sobre tabiquería en fachadas Norte y Poniente
EIFS en sector de losa ventilada
Instalación de DVH en muro cortina sobre estructura de acero adicional.
Instalación de DVH en aulas
Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en entretecho segundo nivel.

2. Obras de conservación

Conservación de marquesina:
Recambio de cubierta.
Modificación pendiente.
Recambio de canaletas.
Reparación de cielo.



SE ADJUDICA A
BELTRÁN LIMITADA

PRESUPUESTO
\$203.868.459

I. Introducción

La Escuela se encuentra emplazada en la zona urbana de la Caleta Tubul, Región del Bio Bio. El clima de este territorio se caracteriza por tener inviernos muy lluviosos y con una alta presión de viento, por lo que una característica importante de la zona, en invierno, es el ángulo de inclinación de las precipitaciones, que caen casi de forma horizontal. Durante el verano, las temperaturas son moderadas por la influencia del borde costero, sumado a una constante presencia de humedad relativa en el aire durante todo el año.

La Escuela fue construida posterior al terremoto del 27 de febrero del 2010, por lo que se trata de una construcción relativamente nueva, materializada en albañilería reforzada en marcos de hormigón armado en pilares, vigas y losas. Desde el punto de vista térmico, esta escuela recibió en su origen

una aislación en muros de 20 mm en sistema EIFS, así como también la incorporación de aislación en la estructura de techumbre. Las superficies acristaladas se materializaron en marcos de aluminio con vidrios monolíticos, con un equilibrio de llenos y vacíos, excepto en las fachadas norte y poniente donde predomina el vacío materializado en vidrio monolítico, que fue el principal foco de atención para desarrollar la rehabilitación térmica.

II. Problemática

Las fachadas Norte y Poniente estaban constituidas por esbeltos pilares de madera y vidrio monolítico de piso a cielo, con un alto porcentaje de superficie acristalada.

Aproximadamente un 50% de las superficies acristaladas de ambas fachadas se encontraban rotas y fisuradas, lo que se traducía en una permanente pérdida de las ganancias térmicas internas, así como la fuente principal de ingreso del agua de lluvia durante la época invernal.

Esto afectaba de tal manera al establecimiento, que los recintos ubicados en la fachada norte, es decir el comedor en primer piso y la biblioteca en el segundo piso, quedaban inhabilitados para usarse en invierno pues se transforman literalmente en “piscinas”.



Vista Fachada Poniente.

Vista Fachada Norte.



Vista desde el patio central de Fachada Poniente y Fachada Norte.

El sostenedor manejaba esa problemática mediante el recambio constante de los vidrios, sin embargo, el diseño de las superficies acristaladas tan esbeltas y monolíticas generaba constantes y periódicos quiebres. También se intervino el diseño original modulando en paños más pequeños las superficies acristaladas verticales para reducir el riesgo de quiebre y reemplazando por superficies opacas que no cumplieran con el valor de transmitancia térmica de la zona.

Fachada Norte con vidrio monolítico.

Cubierta de piso 1 casi plana, la presión de agua empuja el agua lluvia al interior de la Biblioteca en piso 2.



Superficies acristaladas de Fachada Norte, en primer piso el comedor, y en segundo piso, la biblioteca.

Modulación intervenida en Fachada Poniente para reducir paños vidriados largos y esbeltos. Instalación de superficie opaca en reemplazo de los vidrios.



Aunque la transmitancia térmica de los muros y ventanas no intervenidos no cumplía con los estándares requeridos para la zona térmica E, la envolvente sí ofrecía protección contra la lluvia y el viento, una condición básica de habitabilidad que no estaba garantizada en las fachadas norte y poniente. Otras características observadas en terreno fue la presencia de una losa de hormigón armado en voladizo que constituía un piso ventilado que se encontraba sin aislación y cubiertas con muy poca pendiente, en algunos sectores casi planos.

III. Propuesta

El desarrollo de la arquitectura de detalles estuvo a cargo de una consultora externa quien ejecutó para la Agencia el proyecto base y el proyecto de una nueva envolvente térmica para las fachadas Norte y Poniente. Sin embargo, fue necesario adicionar una partida asociada a una estructura de refuerzo y un análisis estructural producto de que las superficies acristaladas a reemplazar eran de mayor tamaño. En ese sentido, el Sostenedor ofreció la colaboración de una profesional perteneciente a la SECPLAN, la que desarrolló el proyecto estructural de ambas fachadas, lo que permitió afinar el valor asociado a las partidas de ingeniería. De igual forma, en el proceso de licitación, se incluyó una partida de revisión de proyecto estructural a cargo del contratista para asegurar que la estructura se realizará de la mejor forma posible.

El mayor desafío de esta rehabilitación térmica se concentró en el desarrollo de las nuevas fachadas Norte y Poniente, lo que incluía la coordinación entre la arquitectura de



Vista interior de Fachada Poniente con estructura adicional por el exterior para recibir muro cortina.



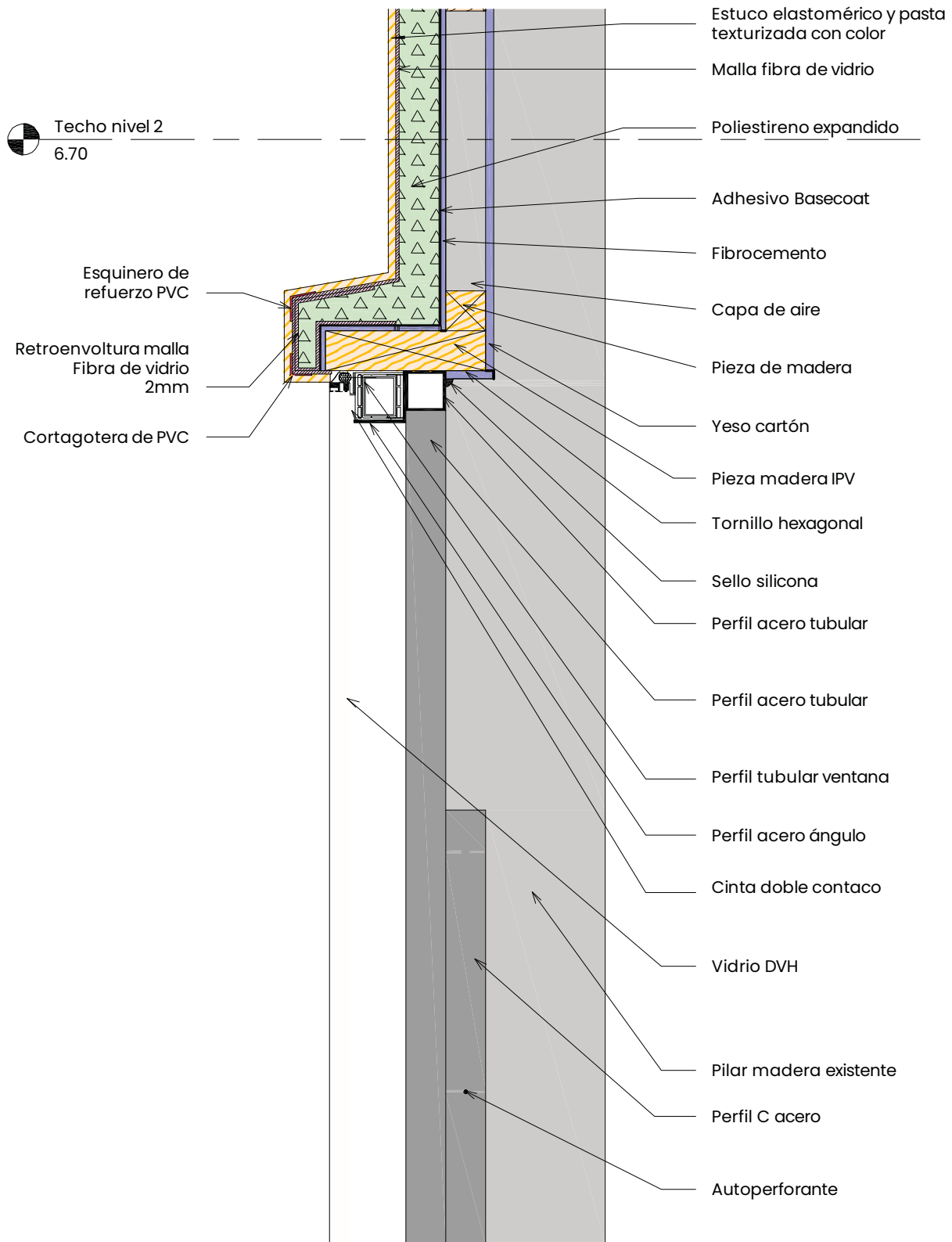
detalles y la especialidad de ingeniería estructural. Ambas fachadas se resolvieron mediante muros cortina de doble vidrio hermético laminado Blindex 3+3/12/3+3, valor $U=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, desfasados de los pilares de madera pre-existentes mediante una estructura adicional de acero.

Las antiguas superficies acristaladas monolíticas fueron eliminadas y se propuso ajustar las dimensiones de las superficies transparentes, proponiendo antepechos y dinteles. Para ello, se desarrollaron muros opacos de valor $U=0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ en tabiquería de madera y aislación EIFS de 50 mm de espesor que enmarcaron la propuesta de muros cortina, aplicando una paleta de colores que enfatizó la rehabilitación térmica.

Se comparte a continuación las láminas que detallan lo ejecutado en la fachada vidriada mencionada: [L-07-CO-PBI-AsBuilt.pdf](#) y [L-08-CO-ZZ-MC-AsBuilt.pdf](#).

También se adicionó aislación térmica en el complejo de techumbre sobre las salas de clases del segundo piso considerando una capa de lana mineral de 140 mm y barrera de vapor. Las ventanas de marco de aluminio y vidrio simple de las salas de clases fueron sustituidas por ventanas de doble vidrio hermético en 6/12/6e con low-e en cara N°3. El piso ventilado, losa de hormigón armado, recibió aislación térmica tipo EIFS en 60 mm de espesor.

De igual forma una de las problemáticas de la fachada Norte era la escasa pendiente de una cubierta que atracaba sobre el anterior muro vidriado y fisurado. Esa cubierta forma parte de un pasillo exterior junto al patio, cuyas aguas en invierno eran empujadas por la presión del viento hacia las zonas del comedor en primer piso y biblioteca en el segundo piso. En este caso se propuso modificar la pendiente de la techumbre apoyándose ahora con el nuevo antepecho proyectado para el muro en el segundo piso. La escuela ya pasó su primer invierno con estas nuevas fachadas y el cambio ha sido satisfactorio, se eliminó completamente el ingreso del agua lluvia, se mejoró sustancialmente la condición térmica interior y las condiciones de uso del establecimiento.



Detalle constructivo desarrollado por la Agencia de Sostenibilidad Energética.



Vista interior de Fachada Poniente en su reflejo, Fachada Norte.
Fotografías Paulina Escobar Quintana.



Vista exterior de Fachada Poniente finalizada.

IV. Conclusiones

La rehabilitación térmica de la Escuela Básica Brisas del Mar ha representado una auténtica “Revolución Térmica”, redefiniendo la habitabilidad de sus espacios. Además, la implementación resolvió carencias de la envolvente como el recambio de ventanas DVH en perfilería de PVC en salas de clases; la aislación térmica del piso ventilado; el recambio de la aislación térmica sobre la cubierta de las salas de clases del segundo piso.

Para poder llevar a cabo la solución principal se requirió de un proyecto de especialidad adicional (estructuras), que, junto a la coordinación con el diseño de detalles de arquitectura, permitió llegar a un buen nivel de desarrollo de la implementación. Una de las diferencias en la resolución de la problemática del acondicionamiento en esta escuela en particular, es que no solo se mejora la aislación térmica de la envolvente, sino que se aborda mediante una intervención de diseño de fachada completa, donde la superficie vidriada, que es envolvente térmica, queda desfasada del eje estructural.


Como resultado, se han recuperado espacios esenciales, como el casino y la biblioteca, permitiendo a los estudiantes disfrutar de estos entornos en los meses de invierno. En definitiva, esta intervención ha revitalizado no solo la infraestructura, sino también el bienestar y la calidad de vida de la comunidad escolar.



Fachada Poniente en proceso de montaje de muros cortina. Fachada Norte finalizada.

2.5 Rehabilitación de gran envergadura

Liceo Polivalente De Ancud, comuna de Ancud, Región de Los Lagos.

- Zona Térmica E – Clima Marítimo, lluvioso.
- 284 Alumnos – 50 personas contratadas para la obra.
- Planimetría proyecto: [Descargar PDF](#) .

LICEO POLIVALENTE DE ANCUD
ANCUD, REGIÓN DE LOS LAGOS

CATEGORÍA 3

LICITACIÓN ADJUDICADA 04-07-2023

1. Acondicionamiento térmico de la envolvente

Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores.
Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos.
Instalación de DVH en ventanas

2. Obras habilitantes

Adaptación de ruta accesible.

3. Obras de conservación

Recambio de cubierta para pabellón D.
Preparación de muros mediante limpieza química-física.
Pinturas interiores y exteriores para pabellones A, B, C, y D.
Renovación y retranqueo de puertas interiores.
Recambio de puertas exteriores.
Limpieza y despeje del terreno.
Implementación sistema de drenaje.
Mantenimiento de protecciones metálicas.



SE ADJUDICA A
**CONSTRUCTORA CAICONA SPA EN UTP CON SOCIEDAD
COMERCIAL METALMECÁNICA PALACIOS SPA**

PRESUPUESTO
\$2.004.183.345

I. Introducción

Al sur de Chile, en la Isla de Chiloé, se encuentra el Liceo Polivalente Ancud, un establecimiento emblemático que ha contribuido significativamente al desarrollo de la enseñanza pública en la ciudad. Su imponente infraestructura data del año 1950, construida en hormigón armado con una superficie de 9.420 m².

Está situado en una zona caracterizada por su clima frío y muy lluvioso, con precipitaciones a lo largo de todo el año, nubosidad casi permanente, veranos cortos y un ambiente con alta humedad.



II. Problemática

Como consecuencia de las condiciones climáticas, la antigüedad del edificio y las dificultades en su mantenimiento, propiciaron la aparición de hongos, moho, musgo y eflorescencia en los muros perimetrales. Las ventanas presentaban filtraciones, daños en sus marcos y sellos, así como problemas en su funcionamiento. Estos factores afectaron negativamente el confort térmico en las aulas.

El Liceo Polivalente de Ancud significó un gran desafío, no sólo por su envergadura y deterioro de la infraestructura, sino también por las condiciones climáticas adversas y el carácter insular del territorio. Estas particularidades requirieron de una mayor planificación y adaptación a las condiciones locales para lograr ejecutar los trabajos necesarios.



III. Propuesta

El proyecto fue abordado de forma colaborativa con la finalidad de definir con la comunidad escolar, el sostenedor, la seremia y el equipo técnico de la Agencia. Dada la envergadura del proyecto, se realizó la priorización de las intervenciones a ejecutar, estableciendo como prioridad el acondicionamiento térmico de toda la envolvente, mediante el sistema EIFS en muros, instalación de lana mineral en cielos, recambio de ventanas DVH y marco de PVC, además de la renovación de mamparas y puertas exteriores.

Sin embargo, frente al estado del establecimiento se debieron considerar trabajos complementarios de habilitación y conservación, teniendo como objetivo principal eliminar las causas y consecuencias de la humedad en la infraestructura.

Muros

Para los muros de hormigón armado de 30cm de espesor, se consideró una limpieza química y física a través de un limpiador ácido desinfectante, con propiedades bactericidas y fungicidas. Además, se aplicó un mortero de nivelación, para la reparación de los plomos de los muros previo a la instalación del sistema EIFS.

Ventanas

Para la correcta instalación de ventanas, fue necesario contemplar en los sectores más afectados, la restauración de vanos mediante la reparación de enfierradura expuesta con anticorrosivo y la aplicación de mortero estructural.

Techumbre y Hojalatería

Respecto al trabajo en cubiertas, se realizó la renovación de techumbre del pabellón más deteriorado. Se consideró además, el cambio de hojalatería en las zonas más críticas, para minimizar las posibles filtraciones y daños por humedad.





Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias

Una de las principales causas de la exposición de muros y cimientos a la humedad por capilaridad, fue el deficiente estado del sistema de evacuación de aguas lluvias por el crecimiento de vegetación, sedimentos y falta de mantenimiento.

Para su conservación, se renovaron canaletas, se instalaron nuevas bajadas de aguas lluvias, piletas y pozos de absorción, además de realizar movimientos de tierra. Estas acciones tuvieron el objetivo de evitar la acumulación de agua en los cimientos, garantizar la correcta evacuación y asegurar el funcionamiento integral del sistema.

IV. Conclusiones

A partir de la experiencia en la implementación de intervenciones de acondicionamiento térmico y conservación, en un establecimiento de el sostenedor, la seremia los principales aprendizajes fueron:

- Contar con un equipo técnico y de obra acorde a la envergadura del proyecto, para asegurar tanto el avance, seguimiento como la calidad de los trabajos, establecido dentro de las bases de licitación.
- Debido a lo insular del territorio, la logística para el despacho y coordinación de los materiales fue relevante desde el inicio de la obra, por lo que contar con un stock mínimo y exigible debe ser parte de los requerimientos de las bases.
- Considerar el factor climático tanto para los plazos generales del proyecto, como para la planificación semanal de obra, permite visualizar las medidas preventivas frente a temporales y exigencias climáticas, en cuanto al desarrollo, adaptación y reprogramación de las faenas. De preferencia, se sugiere trabajar durante los meses de primavera-verano.
- Para los trabajos en fachadas, fue indispensable contar con un encarpado permanente, para asegurar el avance de la obra, el cual implicó un tiempo adicional, para su mantención, armado y desarme. Es necesario también considerarlo dentro de los gastos generales del presupuesto.



- Debido a la envergadura y cantidad de trabajadores desarrollando trabajos en altura, fue indispensable contar con un seguimiento permanente del área de prevención de riesgos, para evitar accidentes en particular frente a eventos climáticos adversos.
- Finalmente, para poder mantener una comunicación fluida, que permita resolver de forma eficiente los imponderables y/o dificultades que se presenten durante la implementación, fue esencial construir un equipo de trabajo colaborativo entre la comunidad educativa, actores locales, instituciones y empresa contratista.

Adicionalmente, cabe destacar que la rehabilitación de infraestructura que es parte de la cultura local es imprescindible para la historia, y este es el caso del proyecto del Liceo más emblemático de la zona.

Finalmente, es necesario mencionar que para este tipo de proyectos, de gran envergadura fueron necesarias altas exigencias y requerimientos hacia la empresa contratista, desde el proceso de evaluación para la adjudicación, pasando por la implementación hasta el proceso de operación y mantenimiento, entre esas exigencias:

Evaluación financiera de la empresa, para asegurar capacidad de inversión y liquidez

Equipo de trabajo considerando un prevencionista de riesgo, encargado residente de obra y profesional encargado de calidad tiempo completo, además del jefe de proyecto.

Se solicita un seguro de responsabilidad civil ante terceros derivado de la ejecución de la obra.

Así también, la agencia asignó un inspector técnico de obra para dedicación exclusiva para la inspección de este proyecto.





3. Operación y Mantenimiento

Sumado a las mejoras en acondicionamiento térmico y eficiencia energética, se desarrollaron actividades para garantizar que las intervenciones realizadas funcionen correctamente a lo largo del tiempo, lo que contribuye a un uso eficiente de los recursos y minimiza los costos de reparación futuros.

Para cumplir con estos objetivos, se estableció un período de operación y mantenimiento basado en tres estrategias principales:

3.1 Capacitación Comunidad Educativa y Sostenedor

Se consideró una instancia de inducción dirigida tanto a la comunidad escolar como a los sostenedores, con el propósito de entregar los conocimientos necesarios para asegurar el adecuado mantenimiento y el uso eficiente de los sistemas instalados. Los temas abordados fueron:

- Presentación del proyecto finalizado.
- Operación de sistemas de acondicionamiento térmico, iluminación y ventilación, según corresponda.
- Plan de mantenimiento correctivo de ventanas tipo DVH, sistemas de ventilación e iluminación.
- Análisis de fallas y solución de problemas tipo.
- Entrega de manual de mantenimiento y uso de los elementos instalados en el establecimiento beneficiario.

3.2 Seguimiento de la Operación

Se estableció una fase de seguimiento posterior a la implementación, con el objetivo de garantizar el estándar de las medidas ejecutadas en cuanto a la calidad de las obras. En caso de detectar fallas o imperfectos en los sistemas constructivos o componentes instalados, el contratista tiene la obligación de corregirlos.

Para cumplir este propósito, se realizaron inspecciones periódicas que incluyeron la revisión de las instalaciones y la ejecución de las reparaciones necesarias, asegurando

tanto la funcionalidad como la durabilidad de las soluciones implementadas. Adicionalmente, se establece por contrato, la entrega periódica de informes por parte de las empresas contratadas, para documentar los avances y trabajos realizados.

A continuación se entregan detalles de los períodos de operación dependiendo de la categoría:

Categoría 1 en proyectos sin recambio de cubierta:

Período de operación con una duración de 6 meses.

Garantía de fiel cumplimiento con una vigencia extendida en 90 días posterior al fin del contrato.

Se consideran 3 visitas de revisión técnica y envío de reportes cada 2 meses.

Categoría 1 en proyectos con recambio de cubierta:

Período de operación con una duración de 12 meses, para asegurar operación de cubierta por 1 año completo (incluyendo invierno).

Garantía de operación y mantenimiento con una vigencia de 395 días a partir del cierre del servicio.

Se consideran 4 visitas de revisión técnica y envío de reportes cada 3 meses.

Categoría 2 y Categoría 3:

Período de operación con una duración de 12 meses

Garantía de operación y mantenimiento con una vigencia de 395 días a partir del cierre del servicio.

Se consideran 4 visitas de revisión técnica y envío de reportes cada 3 meses.



3.3 Procedimiento en Caso de Falla

En caso de presentarse fallas o desperfectos en los sistemas constructivos durante el período de garantía, el contratista está obligado a proceder con su reparación o sustitución conforme a los procedimientos previamente establecidos o siguiendo un protocolo específico si fuese necesario.

Estas intervenciones deben considerar la realización de un registro fotográfico y la entrega de un informe detallado, en el cual se especifican todas las intervenciones realizadas por el contratista.



4. Recomendaciones para la Gestión Administrativa

Finalmente, cabe destacar que la gestión administrativa de los proyectos, se encuentra ligada a los costos de los mismos, por lo que tener lineamientos administrativos claros, favorece la optimización de los recursos, promueve la transparencia y la competencia en el sector. A continuación, se presentan algunas recomendaciones:

Licitación y mecanismos de adjudicación de proyectos:

Es primordial implementar un proceso de licitación transparente, basado en criterios claros, que fomenten la participación de múltiples empresas. Se debe priorizar tanto la calidad técnica como la oferta económica de los postulantes. Se recomienda emplear criterios mixtos en la adjudicación, considerando tanto el precio como la capacidad técnica del contratista para cumplir con las especificaciones del proyecto, esto contribuirá a obtener resultados positivos.

En general se busca al contratista que:

1. Cumpla con los plazos establecidos.
2. Oferte un monto dentro del monto máximo de licitación.
3. Cuento con la experiencia suficiente solicitada tanto para la evaluación de la empresa, como en la de los profesionales exigidos como parte del equipo de trabajo. Cabe mencionar, que estos criterios de evaluación varían según la categoría del proyecto.
 - a. Por ejemplo, un criterio importante es considerar no solo experiencia en proyectos de acondicionamiento térmico, sino también obras de construcción de cierta envergadura, para poder abrir el mercado a la constructora tradicional.
 - b. Por otra parte, para categoría 1 el único profesional evaluable en la licitación corresponde al jefe de proyecto, sin embargo, en la categoría 2 se suma a la evaluación el encargado residente de obra y la exigencia de pertenecer a registro MINVU o MOP.






Es importante mencionar que la aplicación de la exigencia de registro MINVU o MOP no fue exitosa dado que las empresas interesadas en postular a los proyectos del Programa no contaban con dichos registros, y no se logró captar el interés de las empresas inscritas en estas instituciones.


Para proyectos de categoría 3 se recomienda trabajar en bases de licitación o términos de referencia que definan las exigencias y requerimientos específicos del proyecto, dado su alcance, territorialidad y análisis del mercado.

Para mayor ahondamiento se comparten las bases de categoría 1 y 2, y un Término de Referencia del proyecto de mayor envergadura del Programa:

Bases de licitación Categoría 1:

https://www.mejorescuela.cl/wp-content/uploads/2022/12/Bases-Administrativas-y-Tecnicas-42-Escuelas_VF-1-Firma-Protegido.pdf 

Bases de licitación Categoría 2:

https://www.mejorescuela.cl/wp-content/uploads/2022/12/C02-_Bases-Administrativas-y-Tecnicas-VF-Firma-Protegido.pdf 

Términos de Referencia (Ancud):

<https://www.mejorescuela.cl/wp-content/uploads/2023/06/TDR-Compra-Directa-Liceo-Polivalente-de-Ancud-imprimible.pdf> 

Garantías: Se deben establecer garantías adecuadas que protejan tanto a la entidad administradora como al contratista. Estas garantías deben cubrir la correcta ejecución del proyecto y el periodo de mantenimiento de la operación. Se sugiere que las garantías representen un porcentaje acorde al monto comprometido y plazos del contrato, con el fin de asegurar que cualquier defecto sea corregido sin generar costos adicionales.

A continuación, se detalla la estructura de garantías utilizadas:

Tipo de garantía	Categoría 1 Con recambio de cubierta	Categoría 1 Sin recambio de cubierta	Categoría 2	Categoría 3 (Ancud y Lo Espejo)
Garantía de seriedad de la Oferta	N/A	N/A	\$5.000.000	N/A
Garantía por anticipo (opcional)	Valor total del anticipo solicitado (hasta un 20% del valor contrato)	Valor total del anticipo solicitado (hasta un 20% del valor contrato)	Valor total del anticipo solicitado (hasta un 20% del valor contrato)	Valor total del anticipo solicitado (hasta un 20% del valor contrato)
Garantía de fiel y oportuno cumplimiento de contrato (obligatoria)	15% del valor total del contrato	15% del valor total del contrato	20% del valor total del contrato	10% del valor total del contrato
Garantía de operación y mantenimiento de las instalaciones	5% del valor total del contrato	Garantía de fiel y oportuno cumplimiento del contrato extendida para cubrir periodo de operación	5% del valor total del contrato	5% del valor total del contrato

Metodología de pago: Es fundamental diseñar una metodología de pago que equilibre los intereses tanto del contratista como del ente administrador del contrato. Se recomienda estructurar los pagos en función de hitos o etapas claramente definidas, o bien como se realizó en el Programa 2023-2024 el pago contra avance de obra (pagando lo correspondiente al avance financiero). Esto último implica un control del avance de las obras riguroso y periodico para mitigar los riesgos financieros. Además, se debe contemplar la retención de un porcentaje del monto del contrato hasta el cierre del servicio, lo que significa que si bien se ha finalizado la obra, se debe entregar posteriormente el informe de cierre de servicio con toda la documentación “as built” y administrativa del contrato.

Con el objetivo de garantizar la liquidez de la empresa contratista, se implementó la opción de un anticipo, hasta un 20% del monto adjudicado, descontado el monto total en los cuatro pagos siguientes. Las formas de pago fueron ajustadas a la envergadura del proyecto y los plazos de ejecución.

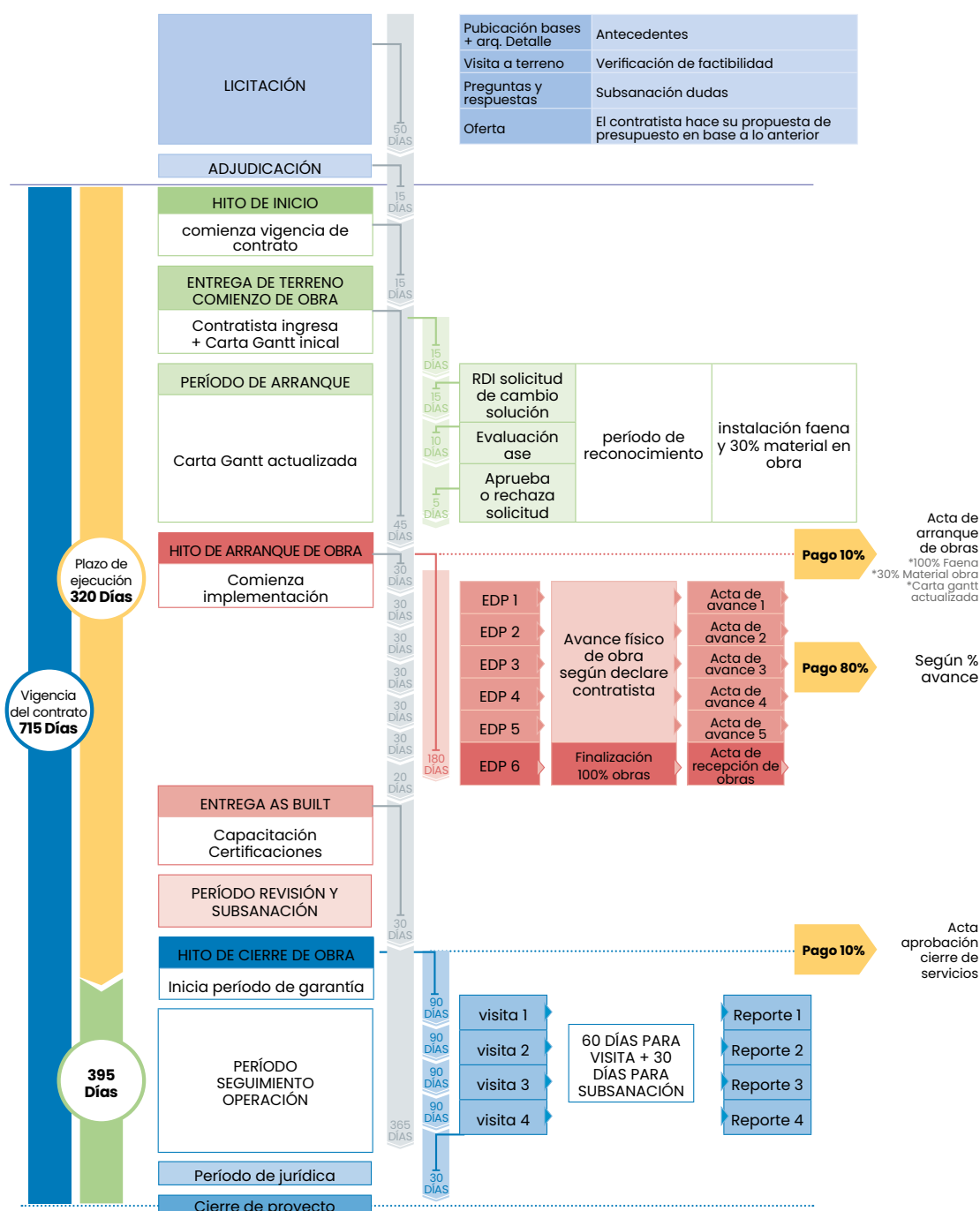
A continuación, se detalla la metodología más aplicada en los proyectos correspondientes a la categoría 1 (Contrato inferior a \$400.000.000).

HITO	PORCENTAJE
Anticipo	Se puede solicitar hasta un 20% del monto del contrato, el cual será descontado de los cuatro pagos siguientes.
Hito de Arranque	Se efectúa el primer pago correspondiente al 10% aprobado el hito de arranque el cual, deberá cumplir con: <ul style="list-style-type: none"> • La correcta instalación de faenas • El 30% de los materiales en obra y/o facturados • Actualización de carta gantt
Estados de Pago	Se puede solicitar un máximo de 4 estados de pago (considerando que el plazo de obra era de 4 meses), correspondientes al 80% del contrato de acuerdo al avance físico de la obra. Esto significa que el % de avance físico se llevará al % de avance financiero en función del valor cotizado por partida y luego se pondrá el 80% del monto del contrato (por descuento del 20% a pagar por Hito de Arranque y Cierre).
Hito de Cierre	Mediante la aprobación de la documentación as built del proyecto, se aprueba pago del 10% final del contrato.



Categoría 2:

Registro de contratistas: Si bien el Programa logró levantar una base de datos de más de 400 contratistas interesados en mantenerse informados sobre las licitaciones, y que posteriormente se validaron 53 empresas para postular a dichas licitaciones, se recomienda crear un registro formal de empresas contratistas especializadas en acondicionamiento térmico. Esto permitirá identificar las empresas con experiencia en el sector, promoviendo la difusión de propuestas y fomentando la competencia. Como oportunidad de mejora, se sugiere incluir evaluaciones de desempeño y certificaciones, para asegurar un estándar de calidad en la ejecución de los proyectos.





CAPÍTULO

6

Energía Geotérmica para Calefacción en Escuelas Rurales



En el siguiente capítulo se resume la implementación de los proyectos pilotos de calefacción mediante energía geotérmica realizados en el Programa, los cuales tienen como objetivo, en conjunto con la instalación de sistemas de acondicionamiento térmico, el mejoramiento de las condiciones ambientales interiores de dos establecimientos de la Región de Los Lagos, específicamente en la Escuela Colonia Río Sur de la Comuna de Puerto Varas y la Escuela Puaicho de la Comuna San Juan de la Costa. El capítulo presenta el contexto en el que se iniciaron los proyectos, consideraciones para el diseño, implementación, desafíos y aprendizajes de los pilotos.



1. Introducción

La energía geotérmica de baja entalpía, también conocida como geotermia de baja temperatura, se refiere a la utilización de energía proveniente del subsuelo de la tierra con el objetivo de aprovechar su calor para aplicaciones como climatización de invernaderos, industria vitivinícola, secado de leña, calefacción distrital, edificios y agua caliente sanitaria (ACS).

El calor del subsuelo se puede aprovechar mediante bombas de calor geotérmicas, la cual es una tecnología que transporta y concentra el calor de un lugar a otro¹⁹.



19 Para entender más acerca de la geotermia de baja entalpía, te invitamos a revisar el siguiente [link](#).



2. Contexto Implementación

La Evaluación de los pilotos fue realizada por el Ministerio de Energía a través de la División de Energías Sostenibles, en colaboración con la División de Acceso y Desarrollo Social y la División de Participación y Relacionamiento Comunitario, mediante la licitación del servicio “Evaluación del Impacto de implementar Bombas de Calor Geotérmicas para Sistemas de Calefacción y ACS en Escuelas Rurales Interculturales de la Región de Los Lagos”. El objetivo de dicho estudio fue **evaluar el potencial de implementación en escuelas rurales**, con el objetivo de mejorar sus condiciones ambientales, propiciar el desarrollo tecnológico, y ampliar la inserción de estas tecnologías en el mercado de calefacción. El estudio determinó que este tipo de tecnología permite ahorrar hasta un 80% en los costos asociados al consumo de electricidad y combustibles relacionados a procesos de calefacción y frío.

En una primera etapa, se evaluaron siete escuelas rurales para determinar su potencial en la generación de calefacción geotérmica. Posteriormente, se seleccionaron tres escuelas mediante un proceso de priorización, para llevar a cabo una evaluación técnico-económica que incluyó el **dimensionamiento de las demandas térmicas con y sin mejoras en la envolvente térmica**. Tras finalizar el estudio, se eligieron dos escuelas para la implementación de este sistema: La Escuela Colonia Río Sur en la comuna de Puerto Varas y la Escuela Puaucho en la comuna de San Juan de la Costa.

3. Levantamiento de Situación Existente

Luego de la selección de los establecimientos por parte del Ministerio de Energía y previo al periodo de licitación para la implementación de los proyectos, la AgenciaSE realizó el levantamiento de los requerimientos específicos de ambos establecimientos, con el objetivo de incorporarlos en las Bases de Licitación, los cuales se presentan a continuación:

- a. Definición del tipo de sistema geotérmico:** Durante la evaluación inicial se realizó el análisis de alternativas de sistema geotérmico cerrado y abierto para ambas escuelas. Para esto se tomaron consideraciones asociadas a antecedentes de disponibilidad de aguas subterráneas, espacios disponibles al interior de los terrenos de las escuelas, plazos de ejecución, especificaciones técnicas para el desarrollo de pozos subterráneos en el caso de sistema abierto, valores de mercado de sistemas abiertos y cerrados, consideraciones administrativas asociadas a permisos, entre otros.
- b. Requerimiento de suministro eléctrico para el nuevo sistema:** Para esto se evaluó los sistemas eléctricos de ambas escuelas, potencial de crecimiento de demanda eléctrica y en caso de no contar con esa disponibilidad, la consideración de nuevos empalmes eléctricos, evaluación de tarifas eléctricas, potenciales mejoramientos eléctricos a las escuelas, y finalmente diseño de la solución eléctrica más idónea para cada proyecto.
- c. Disponibilidad de espacios para los nuevos equipos térmicos:** Definidos los requerimientos generales de cada proyecto, se realizó un levantamiento de los espacios disponibles en los recintos para determinar los espacios adecuados para el emplazamiento de la nueva sala de máquinas así como los potenciales trazados preliminares de las líneas de distribución de agua caliente de calefacción.





4. Diseño para Implementación y Tareas Previas

Los proyectos de calefacción geotérmica requieren diversas consideraciones tanto técnicas como administrativas especialmente si se consideran realizar en establecimientos educacionales. A continuación se presentan algunas de las principales consideraciones en la etapa de diseño.

Antes del proceso de implementación del proyecto, el servicio consideró el **desarrollo de una ingeniería de detalle**, la cual contempló todas las especialidades involucradas en el proyecto de calefacción geotérmica. Dentro de estas destacan las Ingenierías Mecánica y cañerías, Estructural y Eléctrica.

Dimensionamiento de demanda térmica

Para ambos establecimientos se realizó un cálculo de la demanda térmica con el objetivo de verificar la potencia térmica de las bombas de calor a utilizar como equipos principales. Para ello se evaluó el caso estacionario y dinámico de pérdidas de energía desde el interior del establecimiento hacia el exterior, tomando en consideración las siguientes variables:

- Temperatura de confort objetivo.
- Temperatura exterior / condiciones climáticas.
- Transmitancia térmica de la envolvente.
- Infiltraciones / Renovaciones de aire.
- Zonas a calefaccionar.

Una vez definidas las diferentes variables y criterios para el diseño se obtiene la demanda térmica de cada uno de los establecimientos.



Definición de sistemas geotérmicos y operación general

El trabajo previo determinó que la propuesta más adecuada para la Escuela Colonia Río Sur era un **sistema abierto en base a aguas subterráneas**. La disponibilidad del recurso se verificó inicialmente mediante el registro de pozos de similares características en la zona de la escuela, en base a las solicitudes de aprovechamiento de aguas presentadas ante la Dirección General de Aguas y posteriormente mediante las pruebas hidráulicas (prueba de gasto variable y constante) una vez realizado el pozo de extracción.

A su vez, la Escuela Colonia Río Sur, antes de la implementación del nuevo proyecto, contaba con un sistema de calefacción centralizado que operaba mediante una caldera a Diesel y radiadores en salas de clases. Con el objetivo de contar con un sistema de respaldo y disminuir el riesgo ante potenciales cortes de luz en la zona, se consideró la **integración de la caldera existente al nuevo sistema de calefacción** mediante la interconexión de la caldera con el acumulador de inercia. Así, en acuerdo con el sostenedor de la escuela, en el caso de un corte de suministro eléctrico, se incorporó un generador de respaldo que permita la operación de los equipos esenciales para el funcionamiento del sistema de calefacción, que corresponde a caldera, bombas de distribución e iluminación de sala de máquinas.

Por otro lado, dadas las condiciones de la escuela Puaicho se definió un **sistema geotérmico horizontal cerrado**, que extraerá energía desde el subsuelo de la escuela, a través de cañerías de Polietileno de alta densidad (HDPE) de 1" en loops cerrados, los cuales intercambiarán mediante bombas de calor Agua / Agua, con el agua de calefacción de la escuela. Para esto se realizó un análisis de las características del subsuelo perimetral de la escuela y la disponibilidad de espacio en metros cuadrados para su instalación. Adicionalmente, con el objetivo de disminuir el riesgo de congelamiento de la zona de extracción de energía mediante los loops enterrados, se consideró como sistema de apoyo una bomba de calor aerotérmica cuya función será apoyar la producción de agua caliente sanitaria en caso de un aumento de demanda al interior de la escuela, o de una disminución pronunciada de temperatura del subsuelo del sistema geotérmico cerrado.





A diferencia del caso de la escuela Colonia Rio Sur, la escuela Puacho no contaba originalmente con un sistema de calefacción centralizado, sino que con estufas de combustión lenta en salas de clases, comedor y pasillos, mientras que para oficinas se utilizan calefactores eléctricos. Finalmente, se consideró la reinstalación de las estufas a combustiones lentas en espacios acordados con la dirección del establecimiento como respaldo al sistema de calefacción geotérmico.

Definición de Equipos y Sistemas Principales

Para los proyectos de calefacción geotérmica se definieron los siguientes equipos y sistemas principales:

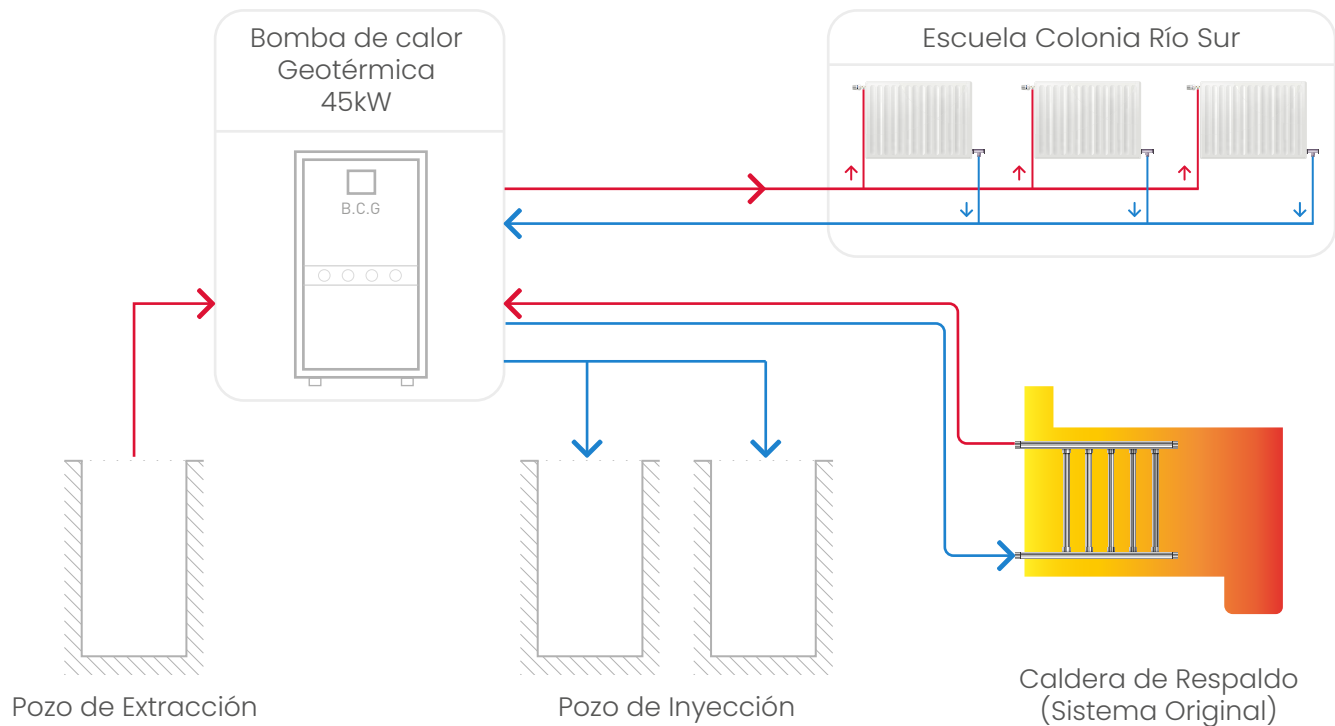
1. Sala de máquinas para albergar los equipos asociados a generación de agua caliente de calefacción.
2. Sistemas de alimentación de energía eléctrica y control. Nuevo empalme eléctrico, tableros de fuerza y control.
3. Bomba(s) de calor geotérmica para intercambio de calor con agua de pozo o sistema de loops cerrados subterráneos.
4. Pozo de agua subterránea y su bomba de pozo para impulsión y extracción de energía térmica / Sistema de loops subterráneos cerrados y bomba de impulsión para extracción de energía térmica.
5. Acumulador de inercia para Agua Caliente de Calefacción.
6. Bombas de impulsión intermedias y distribución de agua caliente de calefacción
7. Redes de distribución y retorno, fittings e instrumentos de medición (Manómetros, termómetros).
8. Equipos terminales (Radiadores, válvulas termostáticas, termostatos y válvulas actuadas, fittings, soportes, entre otros).

A continuación se presentan los principales equipos considerados para cada uno de los proyectos:



Escuela Colonia Río Sur Sistema Geotérmico Abierto

Diagrama de operación sistema geotérmico abierto





Pozo de Extracción y Bomba de Pozo.



Estanque de inercia, bomba de calor e intercambiador de calor.



Pozos de Inyección.

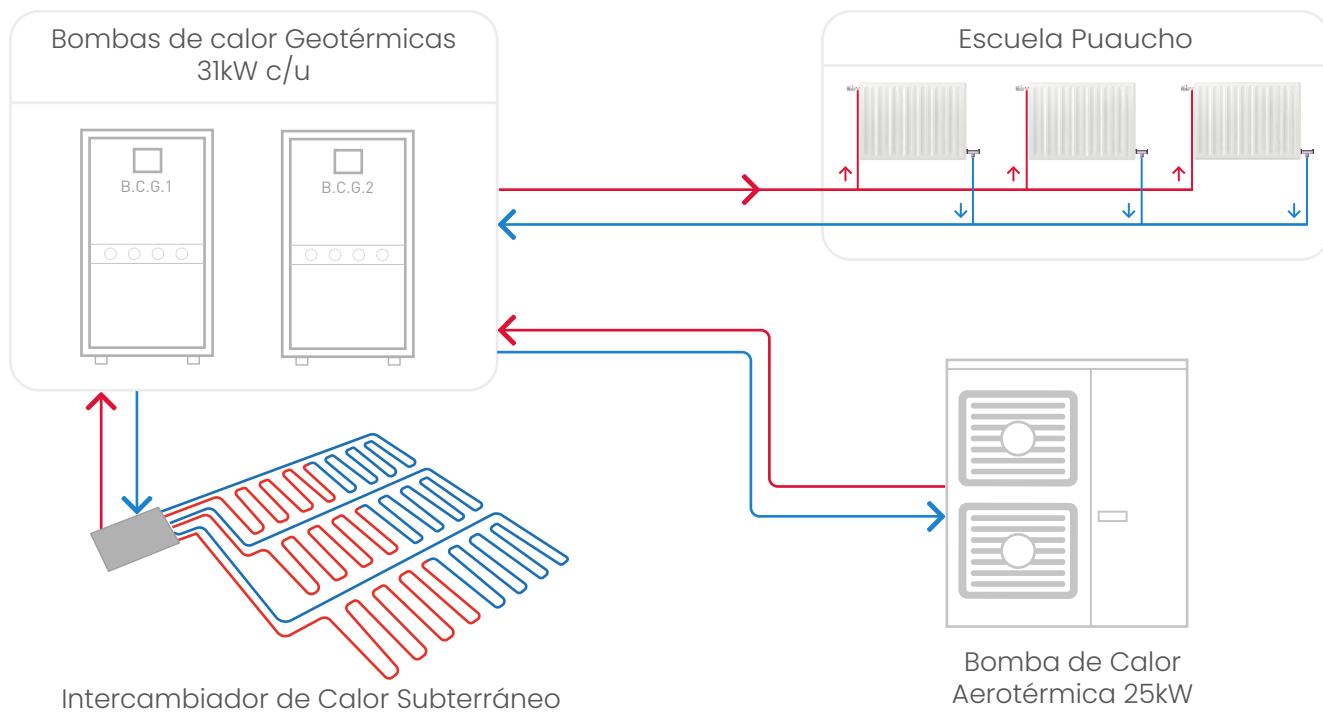


Bombas de distribución Acumulador de Inercia - Zonas de Calefacción.



Escuela Puaucho Sistema Geotérmico Cerrado

Diagrama de Operación sistema geotérmico cerrado





Colector Loops Subterráneos



Bombas de distribución Acumulador de Inercia
- Zonas de Calefacción.



Bombas de calor y estanque de inercia.



Bombas de sistema de loops subterráneos.

Dimensionamiento de Equipos Terminales

Para ambos proyectos, en consideración a las características de los establecimientos y la disponibilidad presupuestaria, se definió la utilización de radiadores como equipos para entrega de calor a los recintos a calefaccionar. El dimensionamiento de estos artefactos se realizó con las siguientes variables:

- Demanda térmica de la zona a calefaccionar.
- Temperatura de distribución de Agua Caliente de Calefacción.
- Tipo de radiador (simple o doble).

Con estos datos se obtuvo la cantidad y dimensión apropiada para la demanda térmica al interior de los recintos a calefaccionar.

Dimensionamiento Equipos de Distribución

El dimensionamiento de las bombas de recirculación de agua se realizó en base a la función que cumplen en el sistema de calefacción. Para determinar la cantidad y tipos de bombas se realizó el diseño preliminar del sistema de calefacción que incluye la totalidad de los requerimientos de las diversas secciones del sistema de calefacción.

Una vez definidos los circuitos, longitudes y elementos intermedios consideraron las siguientes variables para su dimensionamiento y adquisición:

Aplicación (pozo, recirculación).

Pérdidas de carga del circuito (longitud y diámetro de cañerías, diferencia de altura, singularidades como fittings o equipos).





Sistema Eléctrico

Durante el periodo de diseño se realizó un levantamiento de las condiciones del sistema eléctrico, donde se identificaron empalmes eléctricos del tipo BTI, con potencias máximas de 10kW los cuales no cuentan con la capacidad necesaria para la alimentación de los nuevos equipos de calefacción. Debido a lo anterior se definió la incorporación de nuevos empalmes eléctricos para cada establecimiento con una capacidad de 100kVA cada uno, que permitió la alimentación de todos los equipos nuevos y a su vez las cargas base de las escuelas. La intervención también consideró la mejora de los tableros interiores de las escuelas e interconexión a nuevo tablero general.

Para lo anterior se desarrolló toda la documentación necesaria tanto para el dimensionamiento de los requerimientos del proyecto, como para la presentación de la documentación requerida ante la Secretaría de Electricidad y Combustibles y por distribuidora eléctrica para la obtención de Trámite Eléctrico 1 (TE1) e interconexión del nuevo empalme.

5. Desarrollo de la Implementación

Las implementaciones de los proyectos de calefacción geotérmica se desarrollaron en las siguientes etapas:

1. Construcción de la Sala de Máquinas.
2. Habilitación Pozos de extracción e inyección de agua subterránea. Pruebas de extracción e inyección (Sólo para Colonia Río Sur).
3. Elaboración de zanjas para instalación de loops de cañerías y colectores. (Sólo para Puaicho)
4. Habilitación Eléctrica.
5. Instalación de los Equipos Terminales.
6. Instalación de cañerías, fittings, termostatos y en general intervenciones al interior del edificio.
7. Instalación de Equipos y tableros eléctricos y de control en sala de máquinas.
8. Puesta en marcha y Pruebas Operacionales.

6. Valores de Implementación

A continuación se presentan los valores de implementación para los principales ítems de cada proyecto:

	Escuela Rural Colonia Río Sur		Escuela Rural Puaucho	
	%*	Valor	%*	Valor
Instalación de Faenas	3,5%	\$ 10.950.141	4,1%	\$ 13.104.922
Sala de Máquinas	7,4%	\$ 23.124.990	7,1%	\$ 23.124.990
Proyecto Geotérmico	16,4%	\$ 51.668.684	15,5%	\$ 50.256.586
Proyecto Calefacción	27,2%	\$ 85.674.312	24,6%	\$ 79.712.348
Habilitación Eléctrica	19,3%	\$ 60.857.882	16,1%	\$ 52.011.547
Costo Directo	73,84%	\$ 232.276.009	67,45%	\$ 218.210.393
Ingeniería de Detalle	5,06%	\$ 11.756.429	5,25%	\$ 12.271.060
Informe de Cierre		\$ 4.172.273		\$ 4.714.040
Gastos Generales	17,45%	\$ 54.889.852	21,40%	\$ 69.220.109
Utilidades	3,65%	\$ 11.493.318	5,90%	\$ 19.088.806
Subtotal Neto		\$ 314.587.881		\$ 323.504.408
I.V.A.		\$ 59.771.697		\$ 61.465.838
Total		\$ 374.359.579		\$ 384.970.246

*Porcentaje con relación al valor Neto.



7. Desafíos de la Implementación y Aprendizajes

Sistemas Geotérmicos

Los desafíos técnicos para los proyectos de calefacción geotérmica están asociados principalmente al sistema de captación geotérmica, ya sea abiertos o cerrados.

En el caso de sistemas geotérmicos abiertos, **se requiere tener la seguridad de disponibilidad de recurso hídrico**, para lo cual se recomienda, en lo posible, realizar un análisis técnico para evaluar la factibilidad de encontrar el recurso necesario previo a la implementación, complementado a su vez con una revisión de los derechos de aprovechamiento de aguas registrados ante de Dirección General de Aguas cercanos a la zona de implementación, con el objetivo de obtener información relevante de las características de los pozos y napas subterráneas. También se recomienda realizar consultas pertinentes al proyecto ante las entidades que cuentan con información sobre las condiciones locales como el Sernageomin o la Dirección General de Aguas de la localidad o a la casilla de correo geotermia.uged@minenergia.cl del Ministerio de Energía.

Sobre las obras es relevante para la correcta duración y vida útil del pozo, la construcción de este considerando gravilla perimetral que actúe como filtro primario para el agua subterránea y el diseño de cribas de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto a ejecutar. Se adjunta **Especificación Técnica** [🔗](#) para referencia. En conjunto con lo anterior se recomienda seleccionar una empresa de perforación con experiencia acreditada en base a pozos autorizados e inscritos por la Dirección General de Aguas, lo que permitirá asegurar la correcta ejecución de actividades tales como: Diseño de pozo de acuerdo a lo requerido por el proyecto, la correcta habilitación de pozo, programación de pruebas de bombeo, evaluación de necesidad de gravillas perimetral como filtro, instalación adecuada de cribas, elaboración de reportes técnicos de perforación.



Se requiere tener la seguridad de disponibilidad de recurso hídrico.



Para proyectos que consideren la reinyección del recurso hídrico a las napas subterráneas mediante la incorporación de pozos de inyección, se debe tomar en cuenta la probabilidad de rebalses producto de la saturación de agua del terreno circundante. Se recomienda realizar dos pozos de inyección por cada pozo de extracción. Complementariamente, se recomienda habilitar desagües que permitan encauzar los rebalses a zonas que permitan el flujo libre de aguas superficiales.

Respecto al sistema y componentes, se recomienda la utilización de intercambiador de calor entre el pozo y la Bomba de Calor con el objetivo de proteger el equipo ante suciedades o durezas que puedan depositarse en el equipo. A su vez, el propietario de la instalación debe considerar los costos asociados a la mantención del pozo de extracción de acuerdo con lo requerido en el manual de operación del sistema. Sin embargo, se recomienda que, una vez puesto en operación, se chequeen los equipos que se encuentran en contacto permanente con el agua de pozo, como la bomba de pozo y el intercambiador de calor para revisión de su estado y ajustar mantenciones en caso de ser requerido.

Un ejemplo de datos relevantes para el análisis de factibilidad de un sistema abierto son: profundidad de pozos, nivel estático de agua, nivel dinámico de agua según pruebas, flujos de pruebas estática y dinámica, características del terreno, entre otros.

Por otro lado, los sistemas de captación cerrados, al no tener interacción directa con los recursos hídricos del terreno, tienen como mayor desafío el requerimiento de vastas áreas para la extracción de energía térmica y a su vez el nivel de intervención del terreno considerado, puesto que se requiere de excavaciones del orden de 2m de profundidad. Estas intervenciones impactarán en las condiciones generales de la zona, por lo que se recomienda complementar con un proyecto de habilitación de la zona intervenida para su reutilización, dependiendo de su uso previo, por ejemplo, canchas o jardines.

Ejecución

Adicionalmente, los proyectos de Acondicionamiento Térmico y Calefacción Geotérmica se ejecutaron en paralelo con empresas diferentes, lo que generó un desafío adicional durante el periodo de implementación, en particular en zonas donde se generan encuentros entre ambas implementaciones, tales como muros y cielos por donde pasan cañerías o la instalación de radiadores en salas que serán intervenidas con aislación térmica. Es por lo anterior que se requiere una detallada programación, así como una periódica inspección técnica por parte del mandante para resolución de detalles constructivos en terreno.

Operación

Para proyectos en los cuales no se cuente con un sistema de respaldo, como es el caso de la escuela Puaucho en san Juan de la Costa, se recomienda considerar dividir la potencia térmica demandada en el establecimiento en dos o más bombas de calor geotérmicas o incluso considerar el uso de complementario de bombas de calor aerotérmicas, que permitan la continuidad operacional en caso de falla de una de estas.

En el caso de la escuela Colonia Río Sur se ha detectado, una vez realizada su puesta en marcha y operación durante los primeros meses, que la calidad del agua subterránea contiene altos niveles de hierro y magnesio, lo que tiene un impacto principalmente en el intercambiador de calor de placas considerado en el proyecto. Por lo anterior se recomienda la utilización de elementos que mitiguen dicho impacto, como filtros, así como considerar chequeos y mantenimientos básicos de limpieza de manera periódica.

Para mayores antecedentes recomendamos chequear las siguientes Guías:

- [Guía Práctica: Uso de geotermia somera para climatización. CEGA ANID-Fondap UCH-PUC, 2022](#) [🔗](#).
- [Instalaciones de Geotermia, Fundación Laboral de la Construcción y otros, 2020](#) [🔗](#).



Para finalizar el capítulo se comparte el registro fotográfico y el acceso a planimetría básica de ambos proyectos, con la finalidad de que sea información útil para futuras iniciativas:

[Escuela Colonia Río Sur](#)

[Escuela Puacho](#)





Inauguración Escuela Felipe Barthou Corbeaux de Lanco
Región de Los Ríos

Reflexión Final

El fortalecimiento de la infraestructura escolar pública es una medida esencial para garantizar el acceso equitativo a una educación de calidad en el país. El Programa de acondicionamiento térmico no sólo ha impactado positivamente en el bienestar de los estudiantes y de los docentes, sino que también ha contribuido al desarrollo de las comunidades. Adicionalmente, el Programa ha sido un referente en el marco de los compromisos para lograr la carbono neutralidad al 2050 (Ley 21.455 Cambio Climático) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 (ODS), al fomentar medidas integrales en eficiencia energética y energías renovables. Esto demuestra nuestro compromiso como Agencia de Sostenibilidad Energética y Ministerio de Energía para seguir trabajando en mejorar la calidad de vida de los estudiantes por medio del buen uso de la energía en establecimientos públicos.

Intervenir edificios existentes mediante el acondicionamiento térmico ha sido un referente en el marco de los estándares de construcción sustentable y la eficiencia energética, destacando la importancia de la integración de soluciones tecnológicas innovadoras. Sin embargo, los desafíos futuros en este ámbito son múltiples: la eficiencia hídrica se presenta como un aspecto clave a considerar en futuras intervenciones, dado que el uso racional del agua también contribuye a una gestión sostenible de los recursos naturales. Asimismo, la huella de carbono de los materiales utilizados en la construcción y remodelación de estos edificios debe ser evaluada cuidadosamente, para asegurar que el ciclo de vida de los materiales empleados sea lo más bajo posible en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Otro desafío importante es la gestión de residuos de la construcción, un aspecto crucial para minimizar el impacto ambiental, promoviendo la reutilización y reciclaje de materiales en lugar de generar desechos innecesarios.

En este sentido, será también importante buscar la certificación CES (Certificación Edificio Sustentable) para los edificios existentes en estas implementaciones, lo cual





aseguraría que cada proyecto de acondicionamiento térmico cumpla con los más altos estándares de sostenibilidad, tanto a nivel energético como ambiental. Además, la utilización de BIM (Building Information Modeling) en la planificación e implementación de estos proyectos se presenta como una herramienta clave para optimizar el diseño, la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras escolares, asegurando mayor precisión y eficiencia en el uso de los recursos.

Por lo anterior, es crucial promover el financiamiento en el corto y mediano plazo del Programa, considerando que forma parte del desarrollo de una política pública asociada a las mejoras de eficiencia energética y energías renovables en construcciones públicas existentes. La continuidad de este Programa se justifica no solo por los beneficios ya alcanzados, sino también por la buena experiencia adquirida por el equipo de Mejor Escuela, el cual ha demostrado una capacidad operativa y técnica sólida para gestionar y ejecutar proyectos de infraestructura escolar con altos estándares de sostenibilidad. Este equipo ha logrado resultados tangibles en términos de ahorro energético, mejora de la calidad de los espacios escolares y, lo más importante, una mejora considerable en la calidad de vida de los estudiantes y docentes.

Fomentar estas iniciativas contribuye a disminuir las brechas expresadas por los ciudadanos en torno a la mejora de la educación pública. Al continuar avanzando en el acondicionamiento térmico de las escuelas y adoptar enfoques más integrales y sostenibles, no solo estamos mejorando la infraestructura escolar, sino también contribuyendo a una educación más equitativa, saludable y alineada con los compromisos nacionales e internacionales de sostenibilidad. Es fundamental seguir apostando por este tipo de proyectos, ya que representan una inversión en el futuro de nuestros estudiantes, la eficiencia energética y el cuidado del medio ambiente.

Recuento / 42 Escuelas

La implementación del Programa Mejor Escuela, refleja la importancia e impacto de los proyectos de eficiencia energética a lo largo de todo el territorio, los cuales son fundamentales para aumentar la vida útil de la infraestructura local, disminuir el consumo energético por calefacción, alcanzar temperaturas de confort, calidad del aire interior y ambientes más saludables. Esto no solo enriquece la labor docente y el proceso educativo de los estudiantes, sino que también resalta el papel crucial de las aulas como pilar fundamental de nuestra sociedad.

A continuación se entrega un resumen por cada uno de los 42 proyectos implementados.



Escuela Rural Teresa Cárdenas de Paredes, Quinchao,
Región de Los Lagos

1

ESCUELA BÁSICA CARIQUIMA

Dirección	Calle Puerto Varas s/n, Cariquima, Colchane, Región de Tarapacá
Total invertido	\$267.373.585
Contratista	Sociedad Comercial Inka Thaki Limitada
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores, Sistema de aislación térmica en cielos, Lana de vidrio en cielos horizontales, Lana de vidrio y EPS en cielos inclinados, Instalación de DVH en ventanas, Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Pinturas de cielos y muros interiores, y Mantenición de protecciones metálicas.</p>



2

COLEGIO SIMÓN BOLÍVAR

Dirección	Alfonsina Storni 4004, Alto Hospicio, Región de Tarapacá
Total invertido	\$787.050.613
Contratista	Sociedad Comercial Inka Thaki Limitada
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Pinturas de cielos y muros interiores, y Mantenimiento de protecciones metálicas.</p>



3

LICEO AGROPECUARIO LICKAN ANTAI

Dirección	Ruta 27 Km 0, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta
Total invertido	\$302.555.629
Contratista	Ingeniería y Proyectos Genma SpA, Constructora STP Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores, sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos, sistema de aislación térmica EIFS para pisos ventilados, instalación de DVH en ventanas y recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras de Conservación: Pintura interior en salas de clases. Reposición de bajadas de aguas lluvias. Retiro y reinstalación de elementos adosados a muros. Sistema de ventilación pasiva.</p> <p>Adicionalmente, se implementaron medidas de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recambio de ventanas con vidrio fijo seleccionadas por ventanas proyectantes. • Incorporación de celosías de ventilación para entretechos en zonas indicadas.



4 ESCUELA E-39 SAN ANTONIO DE PADUA

Dirección	Ignacio Carrera Pinto S/N, Ollagüe, Región de Antofagasta
Total invertido	\$329.605.881
Contratista	Ingeniería y Proyectos Genma SpA, Constructora STP Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Suministro y ejecución de aislación térmica en muros exteriores mediante sistema EIFS, con la correcta subsanación de puentes térmicos. Suministro y ejecución del recambio de ventanas de vidrio simple por doble vidriado hermético (DVH), considerando todos los sellos necesarios, además de la reparación previa de rasgos. Suministro y recambio de puertas, cumpliendo con la transmitancia térmica exigida para la zona, considerando todos los sellos necesarios para evitar infiltraciones.</p> <p>Obras de conservación: Suministro y ejecución de pinturas en sectores señalados en planimetría. Mantención y reinstalación de protecciones metálicas, instalación de bajadas de agua lluvia y conservación de cielos.</p>



5

ESCUELA JUAN ANTONIO RÍOS

Dirección	Huentelauquén Norte S/N, Canela, Región de Coquimbo
Total invertido	\$189.081.454
Contratista	Ingeniería y Proyectos Genma SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de EPS revestido en siding para muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas. Pintura de cielos y muros interiores. Pintura de muros y acabados exteriores en pabellones sin aislación térmica. Mantenimiento de protecciones metálicas.</p>



6 ESCUELA NEFTALÍ REYES

Dirección	18 Septiembre 1580, El Tambo, Vicuña, Región de Coquimbo
Total invertido	\$183.639.590
Contratista	Constructora Itcon SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras de conservación: Pinturas de cielos y muros interiores para pabellón A,B,C, y D. Pinturas de muros y acabados exteriores para el establecimiento. Recambio de puertas. Mantenión de protecciones metálicas.</p>



Dirección	D-685 503, San Marcos, Monte Patria, Combarbalá, Región de Coquimbo
Total invertido	\$362.366.634
Contratista	Antonio Sepúlveda Parraguez Consultoría y Asesoría E.I.R.L.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras de conservación: Cambio de cubierta de asbesto cemento por PV4 en pabellón A y C. Pinturas de cielos y muros interiores. Pinturas y acabados exteriores para el establecimiento. Recambio de puertas. Mantención de protecciones metálicas. Protecciones solares para pabellones A y B.</p>



8

LICEO DOMINGO ORTIZ DE ROZAS

Dirección	Buin 057, comuna de Illapel, Región de Coquimbo
Total invertido	\$525.570.294
Contratista	Mario Alejandro Zavala Cisternas
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de EPS y lana de vidrio en los cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas. Pintura interior en salas de clases. Pintura de muros y acabados exteriores para recintos sin aislación térmica. Mantenición de protecciones metálicas.</p>



9

ESCUELA ESTER SILVA SOMARRIVA DE BARTOLILLO

Dirección	Camino A Alicahue km 31, Cabildo, Región de Valparaíso
Total invertido	\$241.756.036
Contratista	Méndez Schafer Construcción y Montajes Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Aislante térmico EIFS en muros. Aislante térmico en cielos: EPS en cielos inclinados. Lana de vidrio en los cielos horizontales. EPS en cielos horizontales estructura de madera. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Instalación de luminarias LED faltantes.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Obras de conservación: Pintura muros interiores. Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Recambio de pavimentos en algunas salas de clases. Reparación y pintura de cielos. Estructura para soporte de protecciones.</p>



10 ESCUELA EDUARDO BECERRA BASCUÑÁN

Dirección	E-525 25, Putaendo, Región de Valparaíso
Total invertido	\$141.799.272
Contratista	Grou Arquitectura y Construcción SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Aislante térmico EIFS en muros. Aislante térmico en cielos: EPS en cielos inclinados. Lana de vidrio en los cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible. Incorporación de baño accesible.</p> <p>Obras de conservación: Pintura muros interiores. Instalación de PVC con vidrio monolítico en ventanas del sector restante. Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Recambio de pavimentos en salas de clases. Reparación y pintura de cielos.</p>



Dirección	Aldunate 299, La Calera, Región de Valparaíso
Total invertido	\$265.609.166
Contratista	Constructora Muro Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Pinturas de cielos y muros interiores. Pinturas y acabados exteriores para el establecimiento. Restauración y reacondicionamiento de puertas interiores. Reparación de cubierta en pabellón B. Mantención de protecciones metálicas. Ventilación pasiva en pabellón A.</p>



12 ESCUELA BÁSICA VALLE ALEGRE

Dirección	Valle Alegre S/N, Calle Larga, Región de Valparaíso
Total invertido	\$178.628.955
Contratista	Constructora Muro Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos Sistema de aislación térmica EIFS para pisos ventilados. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Pinturas de cielos y muros interiores. Recambio de cubierta en pabellón B. Instalación y mantención de protecciones metálicas. Instalación de pilares metálicos y tensores para soporte de toldo.</p>



13

ESCUELA MUNICIPAL PAILIMO

Dirección	Pailimo, Marchigüe, Región de O'Higgins
Total invertido	\$341.778.371
Contratista	Aislacel SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Aislante térmico EIFS en muros. Aislante térmico en cielos: EPS y lana de vidrio en cielos inclinados. Lana de vidrio en los cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Sistema de ventilación mixtos e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible. Incorporación de baño accesible.</p> <p>Obras de conservación: Cambio de cubierta Asbesto Cemento por PV4. Pintura muros interiores. Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Recambio de pavimentos en salas de clases. Reparación y pintura de cielos. Mejoras en solución de aguas lluvias. Mejoramiento de baños.</p>



14 LICEO PELLUHUE

Dirección	Arturo Aparicio 501, Pelluhue, Región del Maule
Total invertido	\$348.236.519
Contratista	Constructora Beltrán Limitada
Medidas implementadas	Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.



15 ESCUELA SAN AMBROSIO

Dirección	Abdon Fuentealba 929, Chanco,Región del Maule
Total invertido	\$225.148.742
Contratista	Constructora STP Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras de conservación: Reparación de cubiertas. Pintura muros interiores. Construcción zanja para drenaje.</p>



16 ESCUELA SAN LUIS DE CONTULMO

Dirección	Fresia 350, Contulmo, Región del Biobío.
Total invertido	\$225.504.628
Contratista	Sociedad Constructora Nahen Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Sistema de aislación térmica EIFS para pisos ventilados. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED. Ventiladores de aire.</p> <p>Obras de conservación: Pinturas interiores y acabados exteriores del pabellón. Pinturas exteriores para el establecimiento. Recambio de puertas. Mantención de protecciones metálicas.</p>



Dirección	Km 64 Alto Biobio Camino Guallaly, Región del Biobío.
Total invertido	\$365.160.515
Contratista	Sociedad Constructora Nahen Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica en cielos: lana de vidrio en cielos horizontales. EPS en cielos inclinados. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica en pabellones docentes.</p> <p>Obras de conservación: Instalación de sellos y burletes en encuentros para mejorar la hermeticidad en zonas sin aislación térmica (internado).</p>



18 LICEO SIMÓN BOLÍVAR

Dirección	Frutillar 8630, Hualpén, Región del Biobío.
Total invertido	\$293.326.454
Contratista	Méndez Schafer Construcción y Montajes Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica muros: EIFS en muros exteriores. EPS y lana mineral en tabiquería exterior. Poligyp en muros interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y EPS en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras de conservación: Pinturas interiores del pabellón a intervenir. Pinturas exteriores para el establecimiento. Recambio y retranqueo de puertas en aulas. Instalación de celosías de ventilación pasiva. Mantenimiento y reposición de protecciones.</p>



19 LICEO RALCO LEPOY

Dirección	Avenida Alto Bio Bio 820, Región del Biobío.
Total invertido	\$353.025.814
Contratista	Méndez Schafer Construcción y Montajes Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras de conservación: Pintura en aleros.</p>



20 ESCUELA BÁSICA BRISAS DEL MAR

Dirección	Calle Central 24, Arauco, Región del Biobío.
Total invertido	\$203.868.459
Contratista	Constructora Beltrán Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros y losa: EIFS sobre tabiquería en fachadas Norte y Poniente. EIFS en sector de losa ventilada. Instalación de DVH en muro cortina sobre estructura de acero adicional. Instalación de DVH en aulas. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en entretecho segundo nivel.</p> <p>Obras de conservación: Conservación de marquesina. Recambio de cubierta. Modificación de la pendiente de una techumbre. Recambio de canaletas. Reparación de cielo.</p>



Dirección	Galvarino 16, Lota, Región del Biobío.
Total invertido	\$400.525.041
Contratista	Aislacel SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS en muros exteriores. Poligyp en muros interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Sistema de aislación térmica EIFS para pisos ventilados. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias e instalación de sensores de CO₂.</p> <p>Obras de conservación: Renovación de techumbre, canaletas y bajadas de aguas lluvias. Pintura de cielo y muros interiores. Pintura de muros y acabados exteriores. Recambio de puertas. Mantenimiento de protecciones metálicas. Extracción de estufas a leña. Instalación de celosías de ventilación pasiva.</p>



22 ESCUELA DIEGO PORTALES PALAZUELOS

Dirección	Av. El Peral km 15, Los Ángeles, Región del Biobío.
Total invertido	\$252.036.722
Contratista	Sociedad Constructora Nahen Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS en muros y tabiquería exterior. Lana mineral en tabiquería interior. Sistema de aislación térmica en cielos: lana de vidrio y EPS en cielos inclinados. Lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas de seguridad. Pintura interior en muros y tabiques intervenidos con aislación. Pintura de cielo y muros tipo M6 del patio cubierto (2º nivel). Limpieza de canales de aguas lluvias. Suministro de dren perimetral. Recambio del 20% de la cubierta.</p>



Dirección	Prado Huinchahue KM 18, Padre las Casas, Región de la Araucanía.
Total invertido	\$215.557.820
Contratista	Constructora Beltrán Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y EPS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de equipos y luminarias a LED en pabellón de aulas. Recambio de equipos de iluminación en servicios higiénicos.</p> <p>Obras de conservación: Renovación de techumbre, canaletas y bajadas de aguas lluvias en pabellón de aulas. Pinturas interiores y exteriores. Recambio de puertas en pabellón de aulas. Cerramiento pasillo cubierto abierto. Instalación de ventanas de aluminio en servicios higiénicos.</p>



24 ESCUELA EL LIUCO

Dirección	S-754, El Liuco, Gorbea, Región de la Araucanía.
Total invertido	\$110.626.578
Contratista	Constructora Beltrán Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y tinglado para tabiquería exterior. Sistema de aislación térmica de lana mineral en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas. Recambio de cubierta. Pintura de muros interiores y exteriores. Renovación de puertas interiores. Limpieza y despeje del terreno por el perímetro de la escuela.</p>



25

ESCUELA RURAL TERESA CÁRDENAS DE PAREDES

Dirección	Sector Rural, Villa Quinchao, Región de los Lagos.
Total invertido	\$331.754.356
Contratista	Alex Fritz Oyarzún en UTP con Constructora Veliche Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y EPS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos inclinados y horizontales. Instalación de DVH en ventanas de aulas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Pintura de cielo y muros interiores. Recambio de puertas.</p>



26 ESCUELA COLONIA RÍO SUR

Dirección	V-613, Puerto Varas, Región de Los Lagos.
Total invertido	\$204.052.328
Contratista	Aislacel SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EPS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de EPS en cielos inclinados. Sistema de aislación de piso ventilado en Pabellón D. Solución contra la humedad en pisos de aulas. Instalación de DVH en ventanas. Instalación de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras de conservación: Retiro y reparación de protecciones de ventanas. Implementación de un drenaje perimetral.</p>



Dirección	Km 15 ruta v-613, Colonia Río Sur.
Total invertido	\$374.359.579
Contratista	Mendez Schafer Construcción y Montajes Limitada en Unión Temporal de Proveedores con Comercial Río Arrayán SpA.
Medidas implementadas	<ol style="list-style-type: none">1. Construcción de una sala de máquinas.2. Diseño e instalación de una nueva Subestación eléctrica.3. Diseño, habilitación y montaje de pozos de extracción e inyección de agua subterránea al interior del predio del establecimiento.4. Diseño, adquisición e instalación de los sistemas de distribución y equipamiento de equipos de calefacción.5. Diseño e instalación de sistema de respaldo de calefacción mediante generador eléctrico y caldera diesel.6. Obtención de certificación y permisos para energización de nuevo sistema eléctrico.7. Puesta en marcha y pruebas preoperacionales.



27 ESCUELA RURAL ARMANDO SCHEUCHE

Dirección	Ruta 215 km 20 Los Negros, Puyehue, Región de los Lagos.
Total invertido	\$273.170.043
Contratista	Constructora W SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: Sistema de aislación térmica de poliestireno expandido y tinglado para tabiquería exterior. Instalación de DVH en ventanas. Suministro y recambio de puertas.</p> <p>Obras de conservación: Recambio del sistema de evacuación de aguas lluvia. Pintura para tapacanes y aleros. Pinturas muros exteriores e interiores. Limpieza y despeje de exteriores.</p>



Dirección	U 120, Caracol, San Pablo, Región de los Lagos.
Total invertido	\$258.130.622
Contratista	Constructora W SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y EPS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Sistema de aislación térmica EPS para pisos ventilados. Instalación de DVH en ventanas para aulas y casino-comedor.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Renovación de techumbre, canaletas y bajadas de aguas lluvias para aulas y casino-comedor. Pintura de cielo y muros interiores. Pintura de cielo, muros interiores y exteriores en zonas sin aislación térmica. Recambio y retranqueo de puertas.</p>



29 ESCUELA RURAL NUEVA ISRAEL

Dirección	Calle principal km 40 Hueyusca, Purranque, Región de los Lagos.
Total invertido	\$260.875.196
Contratista	Constructora STP SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y tinglado para tabiquería exterior. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED en pabellones C y B.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas. Recambio de cubiertas. Pintura de muros interiores y exteriores. Conservación de puertas interiores. Limpieza y despeje de terreno por el perímetro de la escuela. Implementación del sistema de drenaje.</p>



Dirección	Avenida Norte-Sur S/N Km 32, Puaucho, San Juan de la Costa, Región de los Lagos.
Total invertido	\$215.041.911
Contratista	Javier Evaldo Fuentealba Álvarez.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de fibra de celulosa en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Instalación de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de aleros, tapacanes y bajadas de agua lluvia. Implementación de drenaje perimetral. Remodelación de los servicios higiénicos.</p>



30 ESCUELA RURAL PUAUCHO

Dirección	Calle sin nombre, San Juan de la Costa, Los Lagos.
Total invertido	\$384.970.246
Contratista	Mendez Schafer Construcción y Montajes Limitada en Unión Temporal de Proveedores con Comercial Río Arrayán SpA.
Medidas implementadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción de una sala de máquinas. 2. Diseño e instalación de una nueva Subestación eléctrica. 3. Diseño e instalación de un colector geotérmico subterráneo en el patio del establecimiento. 4. Diseño, adquisición e instalación de los sistemas de distribución y equipamiento de equipos de calefacción. 5. Obtención de certificación y permisos para energización de nuevo sistema eléctrico. 6. Puesta en marcha y pruebas preoperacionales.

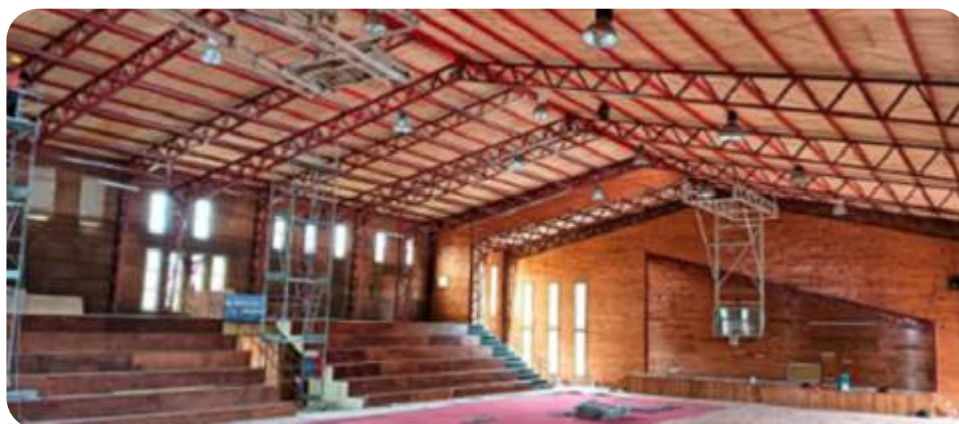


Dirección	Almirante Latorre 555, Ancud, Región de los Lagos.
Total invertido	\$2.004.183.345
Contratista	Constructora Caicono SpA en UTP con Comercial Metalmecánica Palacios SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de cubierta para pabellón D. Preparación de muros mediante limpieza química-física. Pinturas interiores y exteriores para pabellones A,B,C, y D. Renovación y retranqueo de puertas interiores. Recambio de puertas exteriores. Limpieza y despeje del terreno. Implementación de sistema de drenaje. Mantenición de protecciones metálicas.</p>



31 GIMNASIO POLIVALENTE DE ANCUD

Dirección	Almirante Latorre 555, Ancud, Región de los Lagos.
Total invertido	\$207.342.460
Contratista	Construcciones Langer SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Recambio de cubierta existente. Recambio de sistema de agua lluvia existente. Instalación de sistema de drenaje perimetral. Conservación de fachadas. Conservación de baños y camarines.</p>



32

LICEO REPÚBLICA DE ITALIA

Dirección	Laura Espejo 07, Talagante, Isla de Maipo, Región Metropolitana.
Total invertido	\$357.165.453
Contratista	Construcciones Mac-Namara SpA.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: Doble piel con sistema EIFS y EPS para muros exteriores. EIFS para muros exteriores. EPS para muros interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Medidas activas: Instalación de extractores solares.</p> <p>Obras de conservación: Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Pintura de cielos y muros interiores. Acabados exteriores en pabellones intervenidos. Retranqueo de puerta, Pabellón H. Mantenición de protecciones metálicas.</p>



33
LICEO ANTONIO HERMIDA FABRES

Dirección	Av. Coronel Alejandro Sepúlveda 6801 Peñalolén, Región Metropolitana.
Total invertido	\$712.258.521
Contratista	Deney y Veliz Arquitectos Ltda
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras de conservación: Reparación y pintado de rasgos de ventanas. Limpieza con hidrolavado y conservación de protecciones metálicas en ventanas y puertas.</p>



34 ESCUELA BÁSICA Nº263 RAMÓN FREIRE

Dirección	Blanco Encalada 1111, Maipú, Región Metropolitana.
Total invertido	\$687.653.475
Contratista	RBA Ingeniería S.A.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Aislante térmico EIFS en muros. Aislante térmico en cielos: EPS en cielos inclinados. lana de vidrio en los cielos horizontales. Aislante térmico en pisos ventilados. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Pintura muros interiores. Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Retranqueo de puertas. Reparación y pintura de cielos.</p>



35
LICEO POLIVALENTE GENERAL JOSÉ SAN MARTÍN A-14

Dirección	Roberto Espinoza 801, Santiago, Región Metropolitana.
Total invertido	\$765.301.288
Contratista	Sociedad Constructora Nahen Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica para muros: EIFS en muros exteriores. Sobretabique con EPS en muros interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Recambio de puertas con aislación térmica.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Demolición de vanos para ventilación e iluminación natural. Pintura y reparación de cielos y muros interiores. Acabado exterior en zonas sin aislación térmica. Recambio de pavimentos a porcelanato. Extensión de tabiques divisorios en aulas. Mantención de protecciones metálicas.</p>



36

LICEO POLIVALENTE MANUEL RODRÍGUEZ

Dirección	Daniel Moya 102, Tiltil, Región Metropolitana.
Total invertido	\$803.249.628
Contratista	Sociedad Constructora Nahen Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de puertas. Retiro y reposición de cubierta en pabellón B. Mantenición de protecciones metálicas.</p>



37 ESCUELA BLUE STAR COLLEGE

Dirección	Monterrey 7519, Lo Espejo, Región Metropolitana.
Total invertido	\$1.454.064.972
Contratista	Constructora STP Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros y tabiques exteriores. Sistema de aislación térmica EPS en tabiques interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas. Instalación de puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible. Construcción de nuevo acceso.</p> <p>Medidas activas: Recambio de instalación eléctrica. Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Limpieza y despeje de terreno. Implementación de sistema de drenaje. Recambio de pavimento pabellones A,B,D y E. Recambio de techumbre para pasillos cubiertos. Conservación y reparación de fachadas pabellones C, F y G. Pintura exterior pabellones C,F y G. Reparación protecciones metálicas pabellones C, F y G. Recambio de protecciones metálicas pabellones A, B, D y E.</p> <p>Renovación de complejo techumbre en pabellones A, B, D y E. Renovación de tabiques interiores y exteriores en pabellones A, B, D y E. Reconstrucción de aulas siniestradas en pabellones D y E.</p>



38 ESCUELA FELIPE BARTHOUCORBEAUX

Dirección	22 de Mayo 292, Lanco, Región de Los Ríos.
Total invertido	\$239.886.821
Contratista	Constructora Beltrán Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica en cielos. Instalación de DVH en ventanas. Suministro y recambio de puertas.</p> <p>Obras de conservación: Recambio sistema de evacuación aguas lluvia. Conservación de tapacanes. Pintura de muros interiores y exteriores. Conservación de puertas interiores. Limpieza y despeje de exteriores.</p>



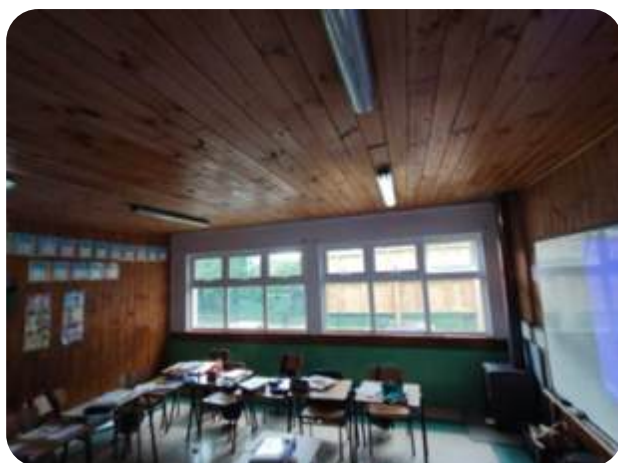
39 ESCUELA MARÍA ALVARADO GARAY

Dirección	Bernardo O'Higgins 576, Panguipulli, Región de Los Ríos.
Total invertido	\$370.019.505
Contratista	Pablo César Sepúlveda Maureira.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica de lana de vidrio y tinglado para tabiquería exterior. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio para cielos inclinados y horizontales. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Renovación de techumbre, canaletas y bajadas de aguas lluvias. Pintura de cielos y muros interiores. Recambio y retranqueo de puertas en pabellón 2.</p>



40 ESCUELA RURAL ENRIQUE HEVIA LABBÉ

Dirección	Riñihue S/N, Los Lagos, Región de los Ríos.
Total invertido	\$125.819.553
Contratista	Constructora Olmué S.A.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS muros exteriores. Poliéster muros interiores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos inclinados y horizontales. Instalación de DVH en ventanas.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Medidas activas: Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Renovación de techumbre, canaletas y bajadas de aguas lluvias. Cierre perimetral de patio techado. Pintura de cielo, muros interiores y exteriores en zonas sin aislación térmica. Recambio y retranqueo de puertas.</p>



41 ESCUELA EL LLANO

Dirección	O'Higgins 805, Quirihue, Región de Ñuble.
Total invertido	\$320.952.300
Contratista	Méndez Schafer Construcción y Montajes Limitada.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos horizontales. Instalación de DVH en ventanas. Incorporación de puertas DVH.</p> <p>Obras de conservación: Acabado exterior (pintura) en zonas sin aislación térmica. Mantenimiento de protecciones metálicas. Mejoramiento de cubiertas y reposición de lucarnas.</p>



42

ESCUELA EL ROBLE

Dirección	Camino El Roble km 18, Yungay, Región de Ñuble.
Total invertido	\$219.727.912
Contratista	Constructora Pablo Alberto Molina García y Compañía Ltda.
Medidas implementadas	<p>Acondicionamiento térmico de la envolvente: Sistema de aislación térmica en muros: EIFS en muros exteriores. Sistema de aislación térmica de lana de vidrio en cielos. Instalación de DVH en ventanas y mamparas. Recambio Puertas con aislación térmica.</p> <p>Obras habilitantes: Adaptación de ruta accesible.</p> <p>Medidas activas: Recambio de instalación eléctrica. Recambio de luminarias a LED.</p> <p>Obras de conservación: Recambio de cubierta. Pintura muros interiores y exteriores. Reposición de aleros, tapacanes y bajadas de agua lluvia. Instalación drenaje perimetral.</p>



#Mejor Escuela

