

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.1637
11 de abril de 1996

ORIGINAL: ESPAÑOL

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**ARQUITECTURA PÚBLICA EN CHILE:
EL CASO DEL LICEO AGRÍCOLA DE MÁFIL**

Este documento ha sido elaborado por el señor Juan Sarralde, Arquitecto Jefe de la Delegación Provincial de Valdivia de la Dirección Regional de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, y es una contribución a las actividades del proyecto "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe" (HOL/93/S83), adscrito a la Unidad Conjunta CEPAL/CNUAH de Asentamientos Humanos de la División de Medio Ambiente y Desarrollo. Las opiniones expresadas en este trabajo, el cual no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
Resumen	v
INTRODUCCIÓN	1
I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUIDO	10
A. FICHA TÉCNICA	10
1. Antecedentes generales	10
2. Programa	10
3. Especificaciones técnicas generales	12
II. ANÁLISIS DEL CASO	16
A. ANÁLISIS DE COSTOS FÍSICOS Y FINANCIEROS	16
1. Costos del proyecto	16
2. Análisis de costos físicos	17
3. Análisis de costos financieros	22
B. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO	26
1. Emplazamiento	26
2. Espacial	26
3. Funcionalidad	27
4. Materialidad	28
III. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	29
A. PROPUESTA 1	29
1. Descripción	29
2. Análisis comparativo	34
B. PROPUESTA 2	37
1. Descripción	37
2. Análisis comparativo	38
Notas	40
Anexo 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA DÉCIMA REGIÓN Y DE LA PROVINCIA DE VALDIVIA	43
Anexo 2: ANTECEDENTES RELATIVOS A LOS RECURSOS FORESTALES Y PRODUCCIÓN MADERERA EN LA REGIÓN	45

Resumen

El trabajo que presenta este documento es una actividad sustantiva del proyecto de "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe", el cual es ejecutado por países de la región con la coordinación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Corresponde a un estudio de caso representativo de edificación para servicios construida mediante gestión y recursos públicos en el sur de Chile.

El objetivo de este trabajo, y de otros semejantes, es el encuentro de antecedentes útiles para el diseño de políticas públicas conducentes a hacer más eficaces los efectos económicos, sociales y ambientales de la inversión pública y privada en vivienda, equipamiento e infraestructura urbana, con miras a contribuir a fortalecer el desarrollo local, regional y nacional de los países.

Con sus conclusiones, este trabajo colabora con la intención de los países de la región de encontrar maneras prácticas de "poner en juego sus capacidades para impulsar procesos de desarrollo dinámicos y equitativos, recurriendo a todo el potencial de los sectores". Recoge la evidencia que "existen amplios aportes al desarrollo que sólo son concebibles y viables mediante las habilidades y práctica sectorial, en otras palabras: existen contribuciones al desarrollo relacionadas con la manera de hacer las cosas y tales contribuciones, si no se conciben y ejecutan desde los sectores, en su mayoría se pierden". Se inscribe también en la hipótesis que "ha madurado en la mayoría de países de la región la voluntad política para realizar una auténtica modernización del Estado", destacadamente incluido el que "las instituciones rectoras de los sectores de actividad, más allá de sus funciones tradicionales, asuman en profundidad su papel de instrumentos institucionales del desarrollo" (CEPAL, LC/L.870).

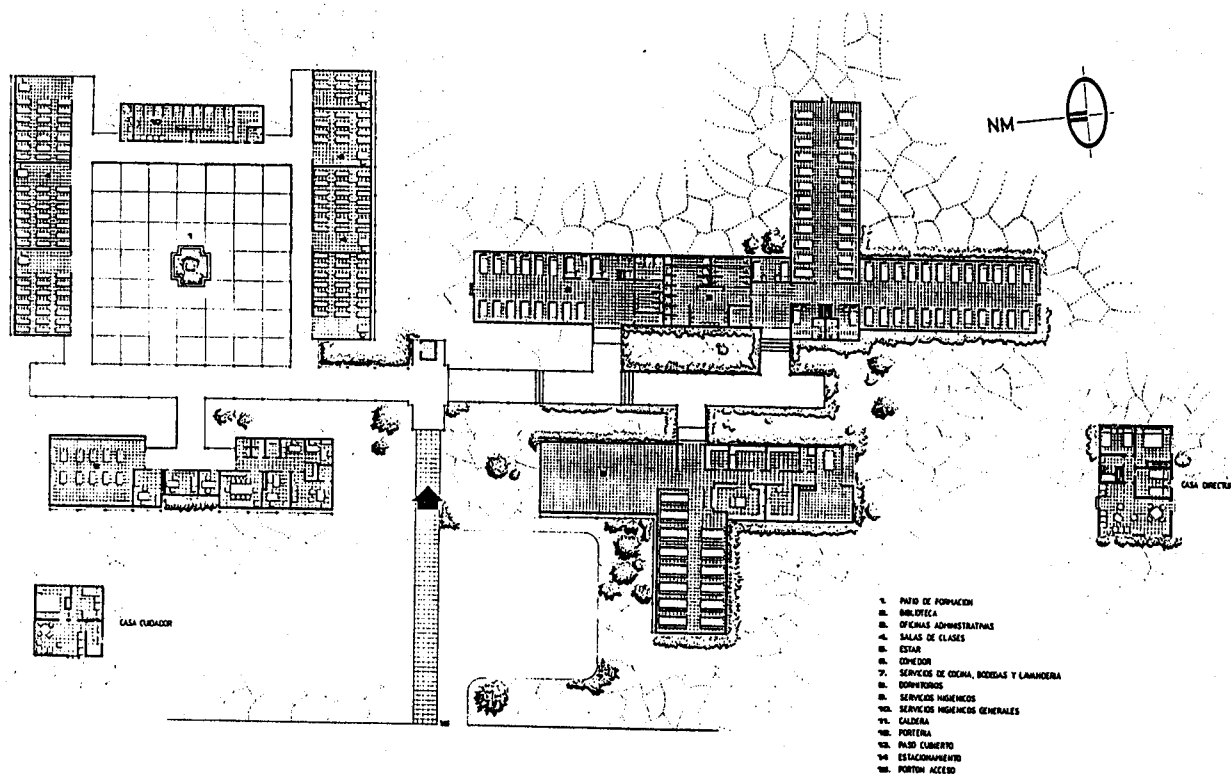
INTRODUCCIÓN

La autoría de este documento coincide con la unidad ejecutora del proyecto, en un evento de autocrítica y creatividad profesional encomiables.

Descripción del proyecto construido. Comprende la construcción de un liceo con internado para alumnos interesados en complementar su educación con formación agrícola. Está emplazado en una zona agrícola, ganadera y forestal del sur de Chile, próximo al pueblo de Máfil, de tres mil habitantes, en un predio de 40 hectáreas, con una superficie construida de 1 997 metros cuadrados.

El edificio, como lo muestra la figura 1, está compuesto por dos áreas, la docente-administrativa organizada en torno a un patio central con corredores para acceder a las salas de clases y al internado, el cual está organizado en dos pabellones conectados entre sí por un eje longitudinal cubierto.

Figura 1



El edificio fue construido en albañilería de ladrillo (de arcilla) reforzada con elementos de hormigón armado. La estructura de techumbre es de madera nativa (roble) con cubierta de planchas de acero galvanizado prepintado por ambas caras y hojalaterías de zinc-aluminio. Los revestimientos interiores y exteriores son de estuco de mortero de cemento. Es intensivo en terminaciones y otros elementos de madera, incluida la totalidad de las puertas. Los marcos y hojas de ventanas se ejecutaron con perfiles de aluminio.

Adecuación al contexto geográfico: El esquema organizativo del proyecto original en torno a un patio central abierto corresponde a las construcciones rurales de la zona central del país, zona con un clima más benigno y con un índice pluviométrico y diferencias estacionales de temperatura mucho menores que las de este caso. Asimismo, la temporada de invierno, con sus condiciones climáticas extremas, en la zona central es de tres meses, mientras que en la zona sur se prolonga por el doble de tiempo.

Cuadro 1

ZONA CENTRAL (Curicó - Rengo)	PROVINCIA DE VALDIVIA
800 mm de lluvia al año	2 300 mm de lluvia al año
Máxima promedio 19°C, mínima promedio 8°C	Máxima promedio 17°C, mínima promedio 7°C

El esquema organizativo de patio central y pabellones aislados no resuelve la diferencia térmica que se produce entre el interior de los recintos y el exterior, por el contrario, esta se ve aumentada debido a que las aulas y oficinas cuentan con calefacción central, alcanzándose en los meses fríos diferencias de hasta 18°C.

Materialidad. En cuanto a la materialidad del edificio, el estudio presenta los siguientes aspectos positivos y negativos en términos de calidad física y ambiental:

- La construcción de albañilería de ladrillos es eficaz desde el punto de vista térmico, sin embargo, la albañilería en esta zona obliga a calefaccionar y ventilar de manera asidua, especialmente en otoño e invierno pues, en caso contrario, se desarrollan florecencias que delatan la formación de colonias de microorganismos y hongos en sus muros a consecuencia de la retención de humedad.

- La cubierta de acero prepintado es de excelente calidad y duración, no requiere mantención y la ausencia de juntas, debida a la longitud de sus planchas, aseguran una buena impermeabilización pero, desde el punto de vista ambiental, favorece la condensación en su cara interior y, en atención a la ruralidad del entorno, rompe el paisaje natural y contradice la tradición cultural regional, que responde mejor a la protección y confort del espacio interior.

- Las ventanas de aluminio anodizado natural son de excelente calidad y duración pero, son afectables por golpes y, desde el punto de vista ambiental, al igual que en el punto anterior, el brillo metálico hace que el material aparezca fuera de contexto.

Propuestas modificatorias. Las conclusiones del análisis comparativo entre el proyecto que fue construido y dos propuestas modificatorias que hace el autor de este trabajo, reflejan la importancia de diseñar y aplicar políticas regionalizadas y plenamente conscientes de los efectos económicos, sociales y ambientales de las decisiones inmersas en la fase de diseño de los procesos productivos de edificación para albergar servicios públicos.

Dado que el peso cuantitativo de la edificación pública en la actividad constructora general es bajo, podrían parecer insignificantes esos aportes. Sin embargo, en la dirección contraria al rechazo de la ejecución de este tipo de políticas, conviene tener en cuenta que el efecto demostrador traspasa patrones de diseño y tecnología a una gran masa de edificación privada, lo que expande el efecto cuantitativo y permite traspasar bondades y combatir defectos.

En este caso, como lo demuestra el estudio, son altamente mejorables los efectos en las variables del desarrollo al alcance de las políticas públicas aplicables a la edificación para servicios. En efecto, a partir de decisiones de carácter tecnológico, se demuestra que es logvable que la inversión beneficie en mayor proporción a las actividades económicas locales y regionales y, con ello, se expandan otros efectos, principalmente relacionados con el empleo y la distribución en términos territoriales y sociales del ingreso.

También el estudio muestra que las mismas variantes tecnológicas u otras, tienen capacidad para lograr un mejor confort interno, con menor insumo de energía y un correspondiente ahorro en el funcionamiento de los edificios y, en términos ambientales más amplios, para lograr una mejor inserción de la edificación en el paisaje natural.

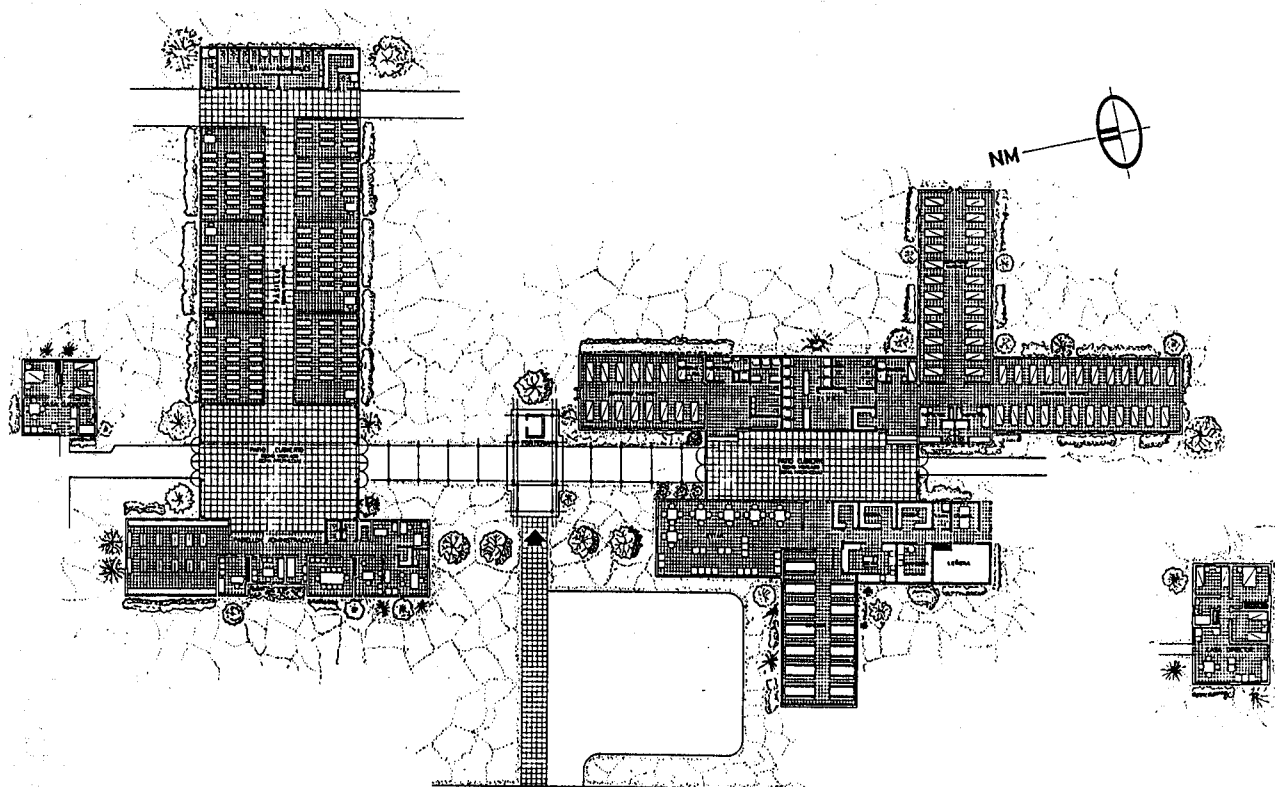
Las dos propuestas modificatorias son alternativas diferentes de mejoramiento del proyecto original. La primera resuelve los defectos antes mencionados mediante una reordenación distinta de sus espacios, cambios en la materialidad, disminución sustancial de los costos de construcción e incorporación de espacios intermedios entre el interior y el exterior en pos de una adecuación del edificio al clima. La segunda alternativa propone un diseño arquitectónico, materialidad y sistema constructivo totalmente diferente al proyecto original, incorporando tecnología de captación y aprovechamiento de la energía solar para calentar agua y calefaccionar los recintos.

Propuesta 1: Esta proposición, como lo muestra la figura 2, modifica el sector de salas de clases eliminando el patio central y los corredores exteriores. Agrupa el total de las salas en un pabellón de doble crujía con un pasillo central interior, cubierto con vidrio doble al vacío. Entre las áreas docente y administrativa ubica un patio cubierto que intermedia ambas áreas entre sí y éstas con el exterior. Para el internado se propone el acercamiento de los dos pabellones que lo conforman, creando un espacio intermedio de características y fines similares al propuesto para el área docente.

- **Materialidad:** Se conserva la estructura de muros de albañilería de ladrillos solo para espacios húmedos (cocina y baños) reemplazándola por tabiquería de madera de pino tratado en los otros espacios. Los muros y techumbre de las zonas intermedias se proponen con marcos de madera laminada y cubierta de vidrio doble al vacío.

Respecto a la partida de terminaciones se cambian las ventanas de aluminio anodizado por ventanas de madera.

Figura 2



- Costos del proyecto: Como se observa en el cuadro 2, los cambios señalados en el diseño y materialidad son introducibles sin que ello aumente el costo final de la obra, por el contrario, en este caso la propuesta lo reduce en 27.11%.

Cuadro 2

COSTOS EN US\$	PROYECTO ORIGINAL	PROPUESTA 1
Costo final construcción	US\$1 121 754.00	US\$874 509.00
Costo por m ²	US\$597.00	US\$409.34
Diferencia porcentual		27.11%

Los defectos comprobados en este caso se deben al aprovechamiento de un proyecto de arquitectura donado con la intención de cooperar con la realización de esta obra, el que fue realizado fuera de un marco de políticas adecuadas.

A esa donación, fue necesario agregar honorarios profesionales para completarlo con los subproyectos de estructura e instalaciones, que como muestra el cuadro 3, contribuyen en 1.15% al costo final del proyecto.

Cuadro 3

COMPONENTE	COSTO (DÓLARES)	PORCENTAJE
Terreno	US\$39 024	3.27%
Subproyectos de estructura e instalaciones	US\$13 737	1.15%
Gestión	US\$18 773	1.57%
Construcción total	US\$1 121 755	94.01%
Costo total	US\$1 193 289	100.00%

Si se hubiera recurrido a un proyecto íntegramente pagado con cargo al presupuesto de la obra, la participación del diseño en el costo final habría sido no superior al 7%.

Las cifras de los cuadros 2 y 3, muestran que ese mayor costo es aparente si se cumple la condición de ejecutar este tipo de proyectos sujetos a normas y políticas conducentes a la obtención de costos menores y los restantes beneficios mencionados en las páginas precedentes.

En efecto, construir con un proyecto más adecuado conduciría a un ahorro de 21.15% del costo total y a obtener ventajas que se precisan más adelante.

En esta parte del análisis se concluye en el enorme interés que tiene diseñar e instrumentar políticas públicas que velen por el abatimiento de los costos de construcción sin renunciar a una correcta adecuación de los proyectos a las condiciones geográficas, ambientales y culturales de la región o localidad en que se construye un edificio público.

El cuadro 4 muestra algunos de los cambios de materiales propuestos e ilustra respecto a la incidencia de las políticas y decisiones de proyecto, tanto en sus aspectos técnicos como en el funcionamiento económico y contenidos sociales de los procesos constructivos.

Las cifras parciales en el cuadro 4 y los valores totales resumidos en el cuadro 5, señalan comparativamente la incidencia del valor de los materiales y de la mano de obra en los precios por m² de algunas partidas y muestra la intención de los cambios propuestos de disminuir la incidencia de los materiales y aumentar la incidencia de la mano de obra.

Cuadro 4

PROYECTO	MATERIAL	PRECIO por m ² en \$	Incidencia materiales precio m ²	Incidencia Mano de obra/precio m ²
Original	Albañilería	11 911	66.2%	10.8%
Nuevo	Estructura madera	6 430	55.8%	21.2%
Original	Cubierta acero	8 287	75.06%	7.4%
Nuevo	Cubierta zinc-aluminio	5 120	54.2%	22.8%
Original	Ventana aluminio	34 007	68.0%	18.0%
Nuevo	Ventana madera	27 890	50.6%	26.4%

Cuadro 5

PROYECTO ORIGINAL		PROPUESTA 1	
Obra gruesa:			
Materiales 57.5%	Mano de obra 19.71%	Materiales 52.96%	Mano de obra 24.03%
Terminaciones:			
Materiales 57.03%	Mano de obra 21.4%	Materiales 54.76%	Mano de obra 22.24%

El objetivo tenido en cuenta en ésta y siguiente alternativa de proyecto, de recurrir al uso de materiales y sistemas constructivos regionales y en lo posible locales, es contribuir al crecimiento de la industria regional de insumos de la construcción y revertir la tendencia que concentra los beneficios de la inversión pública en grandes empresas y en las ciudades donde se localizan los mayores centros industriales. De este modo, mediante las políticas sugeridas, se tendería a impulsar un crecimiento con participación más equitativa de los beneficios sociales y territoriales generados por la inversión.

Propuesta 2: La segunda alternativa es totalmente diferente al proyecto original y resuelve sus defectos ambientales optando por un criterio concentrador, como lo muestra la figura 3 y 4. El programa se desarrolla en un edificio de cuatro niveles en que el primer nivel corresponde a un piso semizócalo que se adapta a la topografía del terreno.

La distribución general se resuelve con un patio vidriado a nivel intermedio entre el primero y segundo piso y a través del cual todos los pisos se relacionan (figura 3). Este último es un espacio que actúa como habitación solar (invernadero), siguiendo los principios de la energía solar pasiva, con ventanas en la cubierta para regular la circulación de aire y temperatura del edificio.^{1/}

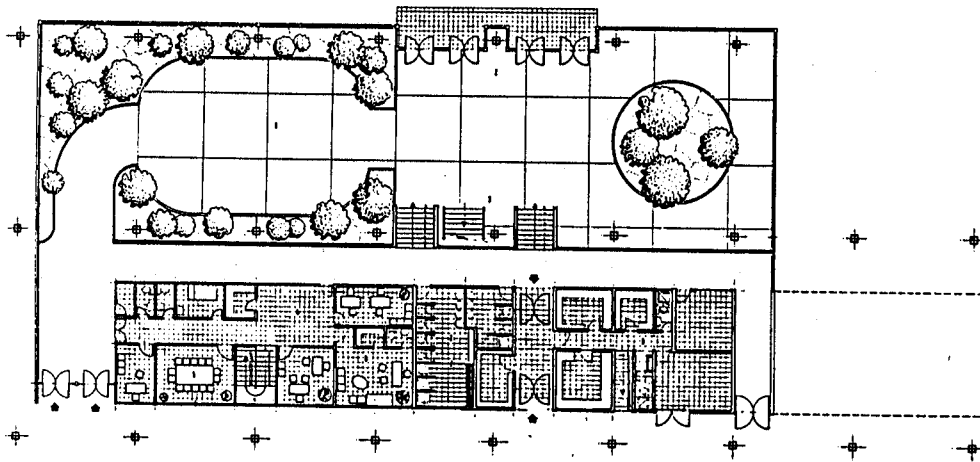
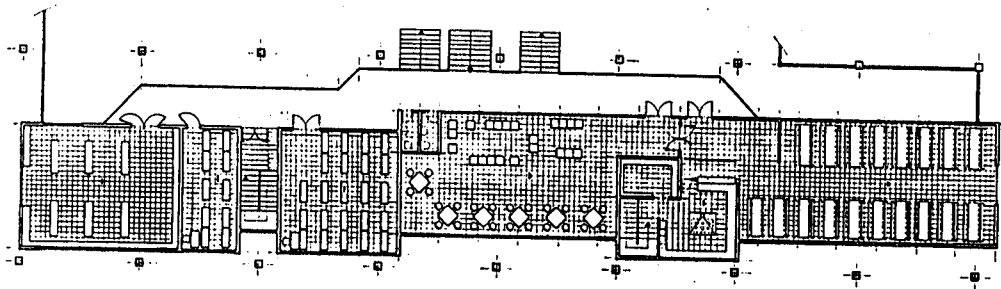
- **Materialidad:** Se construye en base a pilares, vigas de madera laminada, losas de entresijos y fundaciones de hormigón armado con una estructura de madera laminada como techumbre y cubierta de fierro galvanizado con zonas vidriadas en área del patio cubierto.

Se propone subdividir los espacios interiores mediante tabiques de madera. Respecto a los materiales de terminación se proponen pavimentos vinílicos en pasillos y salas de clases; parquet de madera prensada en dormitorios y sala de estar y, al igual que la propuesta 1, todas las ventanas y puertas de madera.

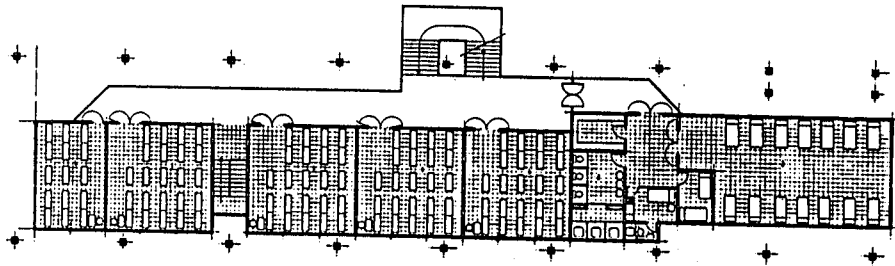
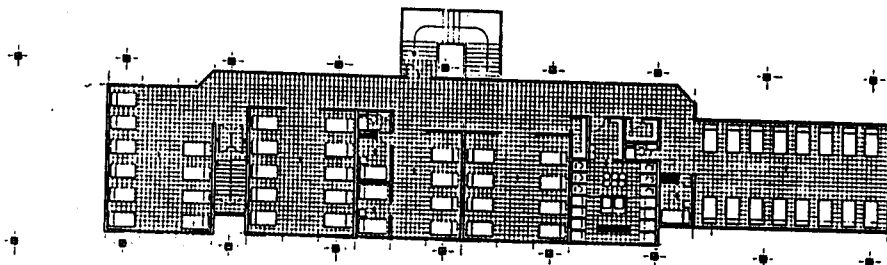
- **Tecnología:** La agrupación del edificio y su materialidad ha sido planteada para la utilización de la energía solar pasiva, sin que el edificio necesite otro tipo de calefacción. El sistema de agua caliente asocia colectores solares a artefactos a gas licuado, con una economía medida en costo promedio anual de 55%.

Esta alternativa, en su diseño arquitectónico, plantea el aprovechamiento formal integral de los elementos captadores de energía, tales como habitaciones solares, chimeneas solares, techo solar, acumuladores de energía etc. Se recurre a materiales termoaislantes en muros exteriores, bajo pavimentos, bajo cubierta y en ventanas (vidrio doble al vacío).

Figura 3

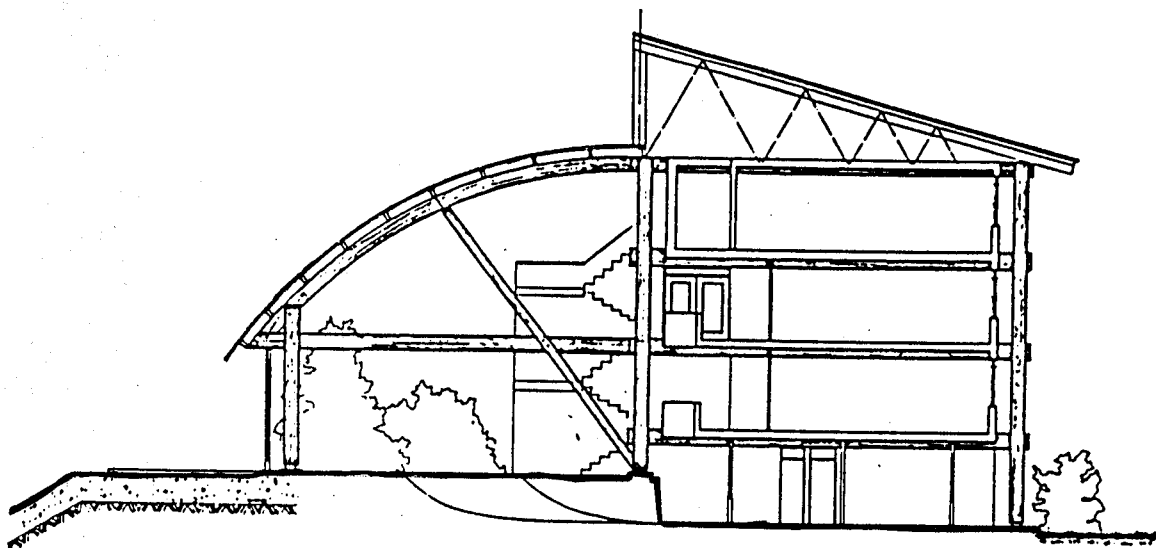
Planta 1^{er} piso

Planta 2° piso

Planta 3^{er} piso

Planta 4° piso

Figura 4



En el cuadro 6 se comparan los costos de las dos alternativas de diseño. Esta segunda alternativa de diseño resuelve el proyecto en mayor superficie, 583.78 m² más y con costos totales de construcción por cada metro cuadrado edificado superiores en 15.6% respecto del proyecto original de menor costo.

Para efectos del análisis comparativo, se calculó, como lo muestra el cuadro 6, el costo de la segunda alternativa de diseño aplicando las mismas especificaciones técnicas del proyecto original (el construido), obteniéndose una diferencia de 230 390 dólares a favor del proyecto original.

Sin embargo, si también se analizan comparativamente los costos de operación y mantención del sistema constructivo original y el propuesto en la segunda alternativa de diseño, esta diferencia de 230 309 dólares, como lo detalla el estudio en el análisis comparativo de la propuesta 2 en el capítulo III, se calcula que sería recuperada en no más de 10 años por menores costos del funcionamiento y mantención del edificio.²⁷

Cuadro 6

COSTOS EN US\$	PROYECTO ORIGINAL	PROPUESTA 2 C/sistema constructivo proyecto original	PROPUESTA 2 Sistema constructivo propuesto
Costo final construcción	1 121 754	1 525 854	1 765 244
Costo por m ²	597	597	648.98
Diferencia porcentual			+ 15.6%

El trabajo deja ver que, si bien la innovación tecnológica en el ámbito de la construcción produce encarecimiento en términos de una inversión inicial mayor, la superior calidad, durabilidad y los ahorros a partir de los primeros 10 años de vida de los edificios, especialmente en edificios de propiedad del Estado, son doblemente significativos --aparte de las ventajas directas, como se dijo en páginas anteriores-- por la capacidad que el efecto demostrador tiene para extender estos beneficios a la edificación privada.

Industrialización. Del trabajo, limitado estrictamente al caso estudiado, se desprende también la necesidad de aplicar una política que impulse el desarrollo de la industrialización de la madera y de los equipos que permitan utilizar la energía solar con menores costos iniciales que los actuales. Menores costos en el caso de la madera resultarían de incrementar la oferta en un marco de competencia real de las procesadoras de madera y de las dos industrias que en el país fabrican estructuras laminadas como las optadas en la propuesta 2.

Tal industrialización se refiere a la totalidad del encadenamiento insumo-producto, como por ejemplo, es el caso de los adhesivos empleados en las estructuras laminadas que, al ser importados y sujetos a un monopolio de distribución, aumentan considerablemente su valor. Los precios actuales de las estructuras laminadas no tienen relación con el hecho que la madera utilizada para su construcción es un producto de bajo costo en Chile, dadas su abundancia y el hecho que estas estructuras aprovechan basas de pequeño diámetro.

En el caso del equipo para aprovechar la energía solar, menores costos serían alcanzables pasando de la producción artesanal o preindustrial a su plena industrialización.

En ambos casos --estructuras laminadas y equipo solar-- es el tamaño y constancia del mercado el requisito principal para viabilizar su industrialización y consecuente abaratamiento. A su vez, el requisito principal para el ensanche del mercado de este tipo de insumo de tecnologías constructivas más avanzadas y de cualquier otra, son políticas públicas --concertadas con la empresa privada-- que induzcan demandas ascendentes, hasta llegar a volúmenes que justifiquen las inversiones.

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUIDO

A. FICHA TÉCNICA

1. Antecedentes generales

Obra: Construcción de Liceo Agrícola de Máfil con Internado
 Comuna: Máfil
 Provincia: Valdivia
 Región: Décima (De los Lagos)
 País: Chile
 Fondos: F.N.D.R.-B.I.D. Fondo Nacional de Desarrollo Regional y Banco Interamericano de Desarrollo Préstamo, Programa de Inversión Múltiple de Desarrollo Local BID 578/OC-CH. Aporte Municipal (terreno)
 Unidad ejecutora: MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA, DELEGACIÓN PROVINCIAL DE VALDIVIA.

Profesionales proyectistas

Arquitecto: Javier Anwandter Von S.S.
 Calculo Estructural: José L. Fullenkamp S.
 Instalación Sanitaria: Fredi Valderas M.
 Instalación Eléctrica: Manuel Cristián Rauch A.
 Instalación Gas Licuado: Fredi Valderas M.
 Instalación Calefacción: Marcelo Paredes C.
 Analista: Arqto. Juan F. Sarralde Pino.

2. Programa

- Superficie: 1 997.37 m²
- a) Area docente
- 5 aulas para 45 Al. (54M² c/u).
 - 1 aula para 30 Al. (36M²).
 - 1 aula para 20 Al. (24M²).
 - Baños c/duchas Al. mujeres.
 - Baños c/duchas Al. varones.
 - Baño servicio auxiliar.
 - Baño profesores.
 - Bodega.
 - Superficie: 402.5 m² + 174.7 m² (pasos cubiertos).
 - Superficie total área = 577.2 m².

b) Área administrativa:

Oficina del Director c/baño.
 Oficina del Inspector.
 Oficina Inspector General.
 Secretaría-Sala de espera.
 U.T.P. (Unidad técnico pedagógica).
 Biblioteca.
 Sala de Centro de Alumnos.
 Sala de primeros auxilios.
 Archivo
 Bodega de material didáctico.
 S.S.H.H. Damas y Varones.
 Hall de acceso.
 Superficie: $217.80 \text{ m}^2 + 11.62 \text{ m}^2$.
 Superficie total área = 229.42 m^2 .

c) Portería:

Caseta del Portero: 5.00 m^2 .
 Espacio cubierto abierto: 16.00 m^2 .
 Superficie total portería = 21.00 m^2 .

d) Area internadoArea de dormitorios mujeres:

1 dormitorio para 28 Al.
 1 enfermería.
 1 dormitorio inspectora c/baño.
 1 ropería.
 S.S.H.H. c/ duchas.
 Hall de acceso.
 Superficie: $15 \text{ } 150 \text{ m}^2$.

Área de dormitorios varones:

2 dormitorios para 48 Al. c/u.
 2 dormitorios para inspectores c/baños.
 1 enfermería.
 S.S.H.H. c/duchas.
 1 ropería.
 Hall de acceso.
 Superficie: $429.00 \text{ m}^2 + 12.00 \text{ m}^2$ (paso cubierto)
 Superficie total área dormitorios = 592.50 m^2 .

Area de servicios:

Hall de Acceso.
 Estar alumnos.
 Comedor gral.
 Cocina.
 Lavandería.
 3 Bodegas.
 S.S.H.H. Personal de servicio.
 Sala de caldera y leñera.
 Superficie: $347.75 \text{ m}^2 + 6.00 \text{ m}^2$.
 Superficie total área servicio = 353.75 m^2 .

Paso cubierto de acceso y relacionador de internado y áreas docente, administrativa y servicios: Superficie: 136.50 m^2

e) Viviendas:

Vivienda del Director: 51 m^2 .
 Vivienda de Cuidador: 36 m^2 .
 Superficie total viviendas = 87 m^2 .

Multicancha.

3. Especificaciones técnicas generalesa) Obra gruesa

La obra fue construida en albañilería de ladrillos de arcilla, reforzada con elementos de hormigón armado, pilares, cadenas, dinteles, vigas etc. de acuerdo con el proyecto estructural correspondiente.

Sus fundaciones se ejecutaron en base a cimientos corridos de hormigón, armados o sin armar, de acuerdo con los niveles del terreno y al estudio de cálculo estructural. Sobrecimientos armados en su totalidad.

Como base de pavimentos se usó radieres de hormigón de 225k/Cem/m^3 (seis bolsas), ($R28=100 \text{ k/cm}^2$), sobre relleno estabilizado y compactado y sobre lámina de polietileno de 60 micrones como barrera de humedad.

La estructura de techumbre es de madera nativa (roble), quedando a la vista en su totalidad en zona de aulas, pasillos y pasos cubiertos y parcialmente, en dormitorios, estar y comedor del internado. Las estructuras a la vista se ejecutaron en maderas elaboradas de escuadrías especiales, con anclajes y elementos de conexión metálicos.

Los pasos cubiertos fueron ejecutados con pilares de madera de roble cepillado de 6"x6", y vigas de 3"x8", con anclajes metálicos especialmente diseñados.

Los envigados de cubierta son de pino insigne de 2"x6" a 0.45 m., sobre ellos costaneras de 2"x4" y entablado de cubierta de pino de 3/4"x8" a 45 grados. Sobre los entablados se usó fieltro asfáltico de 15 lb. como impermeabilizante.

La cubierta es de planchas de acero galvanizado de 0.5mm. de espesor prepintado por ambas caras, panel PV6, en largos continuos en un solo tramo por cada "faldón", con una pendiente de 21°, sujeto a la base mediante ganchos especiales de acero galvanizado de 1 mm. de espesor con tornillos a la base y a la plancha de cubierta.

Las hojalaterías de zinc-aluminio de 0.6 mm. de espesor, en bajadas, salidas de ductos de ventilación y forros de alfeizares, y en acero prepintado, canales, caballetes, limahoyas, limatesas, forros terminales y remates a la vista.

b) Terminaciones

Como material aislante se usó colchonetas de lana mineral de 50 mm. de espesor sobre todos los cielos de los recintos. Los revestimientos interiores y exteriores son en base a estuco de mortero de cemento en proporción 1:3 con aditivo hidrófugo la primera capa, y en proporción 1:4 la terminación a grano perdido.

En zonas húmedas de baños y cocinas se usó revestimiento cerámico blanco de 15x15 cm. En zonas correspondientes a aulas, hall de acceso, estar y comedor y hall de acceso a dormitorios, se usó sobre el estuco zócalo vinílico hasta una altura de 0.90 m. desde el nivel de piso.

Como revestimientos de cielo se usó madera elaborada de pino de primera calidad, machihembrada de 14x140 mm., excepto en baños de las casas de cuidador y director y cielo de la sala de caldera, en que se usó placa de asbesto-cemento (internit). Todos estos cielos se complementaron con celosías de ventilación.

- Pavimentos: en todos los recintos interiores tales como aulas, oficinas, dormitorios, estar y comedor, se utilizó palmetas de vinilo asbesto de 2.4 mm. de espesor. En zonas exteriores, pasos cubiertos, baños, cocina y halles de acceso se utilizó baldosa microvibrada lisa en formato de 0.30x0.30 mm.

Todos los elementos de terminación tales como guardapolvos, cornizas, junquillos, se ejecutaron en madera, excepto en zonas de pavimentos de baldosa en que se utilizó guardapolvos del mismo material.

- Puertas: los marcos de puertas y puertas son de madera, macizas y atableradas las vidriadas y placarol (huecas), las llenas, excepto en sala de caldera, leñera y portones exteriores que se ejecutaron en acero; las puertas de emergencia de los dormitorios del internado se ejecutaron en aluminio.

- Ventanas: se ejecutaron en perfiles de aluminio, con sus correspondientes accesorios de cierre, felpas, burletes etc. abatibles, paños fijos y correderas según función.

- Mamparos: en pasos cubiertos abiertos hacia el norte, fue necesario ejecutar mamparos vidriados de aluminio, como protección para la lluvia.

- Pinturas y barnices: Todos los paramentos y superficies, tanto interiores como exteriores, se entregaron pintados o barnizados con pinturas y barnices de acuerdo con las distintas bases de aplicación y función; los elementos metálicos con pinturas anticorrosivas y pinturas de terminación.

- Accesorios y muebles: La obra se entregó con sus divisiones de baños y duchas ejecutadas en perfiles de acero, cortinas de duchas, closets, estanterías, muebles de cocina, lockers metálicos para alumnos internos, banquetas en baños, mangueras contra incendio, extintores de incendio, cocinas a gas de cuatro platos y horno, en casas del Director y Cuidador, cocina a gas semiindustrial en Internado, campanas de extracción de vapores en cocinas. Artefactos de baños, portarrollos, colgadores, jabonera, espejos, etc.

Como obras complementarias se consideró la ejecución de pavimentos de patio, aceras de hormigón, zona adoquinada con adoquín de hormigón en estacionamiento de vehículos, astas de banderas, letreros, cierros exteriores, etc.

Se ejecutó además una multicancha deportiva en hormigón para deportes de voleibol, minifútbol, básquetbol. Con su equipamiento de arcos y redes correspondiente.

c) Instalaciones

- Agua potable: En el lugar de la obra, por tratarse de un área rural, no existen redes públicas de agua potable, por lo que se optó por mejorar el sistema de captación que tenía el edificio antiguo; se profundizó el pozo existente, se instalaron bombas eléctricas nuevas automáticas; se ejecutó cisterna de acumulación y decantación de agua y se instaló un clorador de acuerdo con la capacidad y necesidades de consumo, para dotar de agua potable las nuevas y antiguas construcciones.

Las redes surtidoras generales exteriores, se ejecutaron en tubos de PVC hidráulico subterráneas, y las redes distribuidoras interiores en cobre, diámetros de acuerdo con el estudio correspondiente.

- Alcantarillado: Por no existir sistema de colector de alcantarillado público en el sector, se ejecutó sistema de alcantarillado en base a fosa séptica de hormigón, capacidad de acuerdo con el cálculo correspondiente, y disposición final de aguas servidas en base a sistema de drenajes de incorporación al terreno, de acuerdo con el proyecto de la especialidad y normas sanitarias vigentes. Se utilizó redes de tuberías de P.V.C. sanitario.

- Electricidad: El nuevo edificio se conectó a la red existente, por lo que fue necesario aumentar la capacidad del transformador de 10 KVA a 30 KVA. La instalación se ejecutó de acuerdo con el cálculo y proyecto correspondiente y cuenta con sistema trifásico para la alimentación de las bombas de impulsión de agua y monofásica para los edificios.

La distribución se ejecutó mediante redes subterráneas y cuenta con los sistemas de protección y tierra reglamentarios. Las redes de distribución internas son embutidas y cuenta con circuitos de alumbrado y fuerza en cada recinto; se incluyó además circuitos de corrientes débiles para timbres, teléfonos y citófonos (intercomunicadores).

Los diámetros de los conductores fueron determinados de acuerdo con el consumo y potencia que indicó el proyecto de la especialidad.

- Gas licuado: Se ejecutó instalación de gas licuado en base a batería de 4 balones de 45 k c/u., para alimentar cocina semiindustrial del internado y califonts para agua caliente, de cocina y lavandería. En cada vivienda, director y cuidador, se instaló dos balones de 45 k en cada uno, para el funcionamiento de sus correspondientes cocinas y califonts de agua caliente. Las redes de distribución se ejecutaron en cañerías de cobre tipo "L".

- Calefacción central: Se ejecutó instalación de calefacción central y central de agua caliente para uso del Liceo y del Internado, en base a caldera a leña con capacidad de 260 000 k/cal/hr. El sistema utilizado es en base a agua caliente en circuito cerrado a través de red de suministro y retorno subterránea, construida en tubos de acero negro ASTM. Los radiadores utilizados son del tipo runtal extraplanos distribuidos y dimensionados de acuerdo con el proyecto y cálculo correspondiente.

El sistema cuenta con dos bombas eléctricas de aceleración de un caudal de 12 m³/hr. a una presión de 5.8 M.C.A.(8.2 lb de presión).

La central térmica se ejecutó en base a dos cilindros para agua caliente con una capacidad de 2 000 litros c/u, que se calientan por intermedio de un serpentín de cañería de cobre tipo K de 1.30 m² de superficie; cada cilindro cuenta con entrada y salida de agua de consumo, independiente del serpentín.

II. ANÁLISIS DEL CASO

A. ANÁLISIS DE COSTOS FÍSICOS Y FINANCIEROS

1. Costos del proyecto

a) Costo del terreno:

$$40 \text{ ha} \times \$400\,000 = \$16\,000\,000 = \text{US\$}39\,024^*$$

Costos de estudios de diseño e ingeniería:

Incluye proyectos de arquitectura, ingeniería e instalaciones:

$$\$5\,632\,000 = \text{US\$}13\,737$$

NOTA: En este caso el proyecto de arquitectura fue sin costo para el mandante por una entidad privada de carácter filantrópico.

b) Costos de gestión:

Incluye preparación de bases de propuesta, copias de planos, fotocopias, materiales de oficina, pago de viáticos de la inspección técnica, traslados, combustibles, repuestos de vehículo, etc. durante los 540 días que duró la construcción en las dos etapas, de la obra.

$$\$7\,696\,800 = \text{US\$}18\,778$$

c) Costos de construcción:

El costo final de la construcción de la obra a valores de enero de 1995, ascendió a:

$$\$459\,919\,357 = \text{US\$}1\,121\,755$$

El desglose del valor de la construcción es el siguiente:

i)	Permisos y derechos	\$ 3 671 288
ii)	Obra gruesa	\$205 014 129
iii)	Terminaciones	\$126 405 463
iv)	Obras complementarias	\$ 24 375 985
v)	Instalaciones	
	- Agua potable	\$ 3 275 302
	- Alcantarillado	\$ 5 305 596
	- Electricidad	\$ 5 624 567
	- Gas licuado	\$355 567
	- Calefacción central	\$ 15 733 941
	TOTAL instalaciones	\$ 30 295 302
	SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN	\$398 762 167
	18% IMPUESTO VALOR AGREGADO	\$ 70 157 190
	TOTAL CONSTRUCCIÓN	\$459 919 357
	TOTAL PROYECTO (1+2+3+4)	\$489 248 157
		US\$1 193 288
	* (valor del dólar = \$410)	
	Valor resultante por m ²	\$244 946
		US\$597
	(incluye valor terreno e impuesto)	

2. Análisis de costos físicos

Desagregando el IVA (impuesto al valor agregado) y el valor del terreno (aporte del propietario), los valores de proyectos y costos de operación, se puede establecer lo siguiente:

a) Incidencia de los materiales, mano de obra y leyes sociales en el valor de la obra

Cuadro 7

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA MATERIALES	INCLUYE MANO DE OBRA y LEYES SOCIALES
1.OBRA GRUESA				
Excavaciones	m ³	1 920	---	71%
Mejoramiento suelos c/estabilizado	m ³	4 622	63.6%	13.4%
Hormigón simple	m ³	34 526	61.0%	15.4%
Hormigón H25	m ³	41 703	67.4%	9.1%
Enfierradura	k	648	53.0%	24%
Albañilería	m ²	11 911	66.2%	10.8%
Cerchas en bruto	Unid.	31 387	64.1%	12.9%
Entramado a la vista	Unid.	29 000	68.7%	20.2%
Sobre tabiques madera	m ²	3 252	56.0%	12.9%
Cubierta	m ²	8 287	75.06%	7.4%

NOTA: La mayor incidencia de materiales sobre el valor resultante de la partida corresponde a la cubierta, que en este caso es acero prepintado, producto elaborado con alto porcentaje de material de importación y que no requiere de pintura de terminación ni mantención; además influye el traslado del material desde la capital (900 km).

La menor incidencia se encuentra en la partida de enfierradura, producto nacional en 100% y existente en comercio de la zona.

En cuanto a mano de obra, sin considerar la partida excavaciones en que el contratista solamente considera el desgaste de herramientas (las excavaciones se ejecutaron sin maquinarias), la mayor incidencia de mano de obra, se produce en la partida de enfierradura por tratarse de una especialización dentro de la obra gruesa.

Cuadro 8

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA MATERIALES	INCLUYE MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES
2. TERMINACIONES				
Estucos	m ²	3 430	47.0%	29.3%
Revestimientos cerámicos	m ²	7 656	47.7%	29.3%
Pavimentos baldosa	m ²	11 049	53.4%	20.6%
Pavimentos flexit	m ²	7 543	62.5%	14.5%
Puertas madera	Unid.	45 517	76.5%	9.5%
Cielos de pino	m ²	6 556	58.2%	18.8%
Ventanas aluminio	m ²	34 007	68.0%	18%
Pinturas c/empastado	m ²	1 655	47.0%	30%
Barnices	?	1 724	47.0%	30%
Aceras in situ	m ²	7 966	63.0%	14%

NOTA: La mayor incidencia del material aparece en la partida de puertas de madera, por tratarse de un elemento industrializado y porque además incluye dentro del precio el marco de madera, quincallería y cerrajería.

La segunda partida de mayor incidencia corresponde a ventanas de aluminio, porque además de incluir en su precio sus elementos de cerrajería y vidrios es un material de componente importado.

La menor incidencia del valor de los materiales en los precios unitarios, corresponde a las partidas de estuco, pinturas y barnices.

En el caso de los estuco se explica en que el elemento mayoritario de sus componentes, la arena, es de fácil obtención en la zona; en los casos de las pinturas y barnices la explicación es que existe una gran competencia en la oferta de estos productos en la zona, ya que por factores climáticos, las construcciones necesitan de la protección que ellos les otorgan, con una mayor frecuencia.

La mayor incidencia de mano de obra se produce en la partida barnices y pinturas, por tratarse de una mano de obra especializada en un ítem de bajo precio unitario; por el contrario la menor incidencia de mano de obra se produce en la partida puertas de madera que es el ítem de mayor precio unitario analizado.

Cuadro 9

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA MATERIALES	INCIDENCIA MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES
3. INSTALACIONES				
AGUA POTABLE:				
Instalación lavamanos	Unid.	43 863	62.0%	15.5%
Instalación cañería cobre	ml.	26 183	70.5%	6.5%
ALCANTARILLADO				
P.V.C. sanitario 110mm	ml.	1 913	60.2%	16.8%
Cámaras de inspección	Unid.	43 886	43.0%	34.0%
ELECTRICIDAD				
Instalación Equipo 1X40W.	Unid.	16 058	71.8%	6.0%
Centros y enchufes	Unid.	11 000	58.0%	19.0%

NOTA: La mayor incidencia del precio del material, de las partidas de Instalaciones analizadas, se presenta en la partida de instalación de equipos fluorescentes de 1 X 40w, porque incluye el valor del equipo con todos sus componentes.

La menor incidencia del valor del material en el precio de la partida, corresponde al de las cámaras de inspección de alcantarillado, por tratarse de componentes simples y de bajo costo, con una gran incidencia de mano de obra.

En el cuadro anterior, en que toda la mano de obra utilizada es especializada la mayor incidencia de ella, refleja el mayor y menor tiempo empleado en la ejecución de la partida.

La ejecución de una cámara de inspección requiere del trabajo de 2 días de un maestro con un ayudante, mientras que la instalación de un equipo fluorescente requiere solamente del trabajo de un hombre en un cuarto de jornada laboral.

La partida cubierta no aparece con la mayor incidencia en fletes, a pesar de ser su traslado de mayor distancia, por tratarse de un material liviano y de poco volumen.

La menor incidencia de fletes en el valor de la partida, se produce en las partidas correspondientes a hormigones, ya que sus componentes mayoritarios (áridos) son de la zona y su traslado es a granel.

b) Incidencia de los fletes en el valor de la obra

Cuadro 10

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA FLETES
1.OBRA GRUESA			
Mejoramiento suelos c/estabilizado	m³	4 622	0.06%
Hormigón simple	m³	34 526	0.06%
Hormigón H25	m³	41 703	0.06%
Enfierradura	k	648	0.06%
Albañilería	m²	11 911	0.3%
Cerchas en bruto	Unid.	31 387	0.1%
Entramado a la vista	Unid.	29 000	0.16%
Sobre tabiques madera	m²	3 252	0.1%
Cubierta	m²	8 287	0.2%

NOTA: La mayor incidencia de fletes en el valor de la partida, se produce en la partida albañilerías por el peso del ladrillo en relación a su volumen, y por la fragilidad del material. Además influye el hecho de ser un elemento que no se produce en la zona.

Cuadro 11

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA FLETES
2. TERMINACIONES:			
Estucos	m²	3 430	0.06%
Revestimientos cerámicos	m²	7 656	0.11%
Pavimento baldosa	m²	11 049	0.14%
Pavimentos Flexit	m²	7 543	0.14%
Puertas de madera	Unidad	45 517	0.08%
Cielos de pino	m²	6 556	0.07%
Ventanas aluminio	m²	34 007	8%
Pinturas (esmalte al agua)	m²	1 655	0.05%
Barnices	m²	1 724	0.05%
Aceras in situ	m²	7 966	0.06%

NOTA: La mayor incidencia del flete se produce en la partida de ventanas de aluminio, por tratarse de un producto que lleva un doble flete, desde la fabrica de perfiles en Santiago hasta Valdivia, los perfiles, y luego las ventanas elaboradas, desde el taller en que se elaboran, al lugar de la obra, ocupando gran volumen y de consistencia frágil, incluye además el flete de los vidrios.

La menor incidencia se produce en la partida de pinturas y barnices por tratarse de elementos de poco volumen y gran rendimiento en superficie.

Cuadro 12

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA FLETES(%)
3.- INSTALACIONES			
AGUA POTABLE:			
Instalaciones lavamanos	Unid.	43 863	3.0%
Instalación cañerías cobre	ml	26 183	0.5%
ALCANTARILLADO:			
P.V.C. sanitario 110	ml	1 913	0.19%
Cámaras de inspección	Unid.	43 886	0.18%
Electricidad:			
Instalación equipo 1X40w.	Unid.	16 058	1.5%
Centros y enchufes	Unid.	11 000	0.09%

NOTA: La mayor incidencia de los fletes sobre las partidas de Instalaciones analizadas, se produce en la partida Instalación de lavamanos, por tratarse de productos con doble flete, de gran volumen en relación a su peso y frágiles.

La menor incidencia se produce en la partida centros eléctricos y enchufes, por tratarse de elementos que normalmente el subcontratista transporta en forma personal, en su propio vehículo.

c) Incidencia de los gastos generales y utilidades del contratista en el valor de la obra

En el presente contrato la declaración de gastos generales del contratista fue de un 18% sobre el costo directo de las partidas, es decir, sobre el valor del material + mano de obra + leyes sociales + fletes.

Las utilidades declaradas por el contratista, en el presente contrato fueron de un 10%, sobre el valor resultante anterior.

La incidencia final sobre los precios unitarios de las distintas partidas es:

GASTOS GENERALES	=	13.86%	=	\$63 744 822	US\$155 475
UTILIDADES	=	9.091%	=	\$41 811 268	US\$101 978
TOTAL	=	22.951%	=	\$105 556 150	US\$257 453

d) Incidencia de los impuestos en el valor del obra

Los contratos de construcción que no sean vivienda propiamente tal, en Chile están afectos al Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.) de un 18%, cuya incidencia sobre los precios unitarios es de un 8.44%

Este impuesto es recuperado por la empresa contratista a través del descuento que efectúa del impuesto pagado sobre las compras de materiales, insumos para la obra (gastos generales) y subcontratos.

El costo final del Impuesto I.V.A. para la empresa contratista asciende a la suma de:
\$38 817 194 US\$94 676

3. Análisis de costos financieros

a) Anticipo

De acuerdo con las bases del contrato, el mandante otorgó a la empresa contratista un anticipo de un 25%, sobre el valor del contrato, el que debió ser devuelto por éste, de acuerdo con una programación convenida a un plazo de 14 meses (duración del contrato 15 meses), es decir, la devolución se completó al cursar el penúltimo estado de pago. Este anticipo fue con un 0.00% de interés.

De acuerdo con las bases del contrato, el anticipo fue caucionado con boletas de garantía bancarias, fraccionadas en montos descendentes y plazos de acuerdo con la devolución pactada. El costo de éstas boletas de garantía bancarias para la empresa contratista fue el siguiente:

Cuadro 13

E/P N	MONTO A GARANTIZAR (\$)	COSTO BOLETA GARANTÍA (\$)
1	114 979 839	599 899.19
2	114 979 839	599 899.19
3	105 389 186	526 990.93
4	95 816 533	479 082.66
5	86 234 880	431 174.40
6	76 653 227	383 266.13
7	67 071 574	335 357.87
8	57 489 921	287 449.60
9	47 908 268	239 541.34
10	38 326 615	191 633.07
11	28 744 962	143 724.81
12	19 163 309	95 816.54
13	9 581 653	47 908.26
14	Completa Devolución	00 000.00
	TOTAL	\$4 361 745.00 US\$10 638.40

A la vez el COSTO FINANCIERO del anticipo para el mandante, por potenciales utilidades, considerando una tasa de interés promedio por colocaciones de 1.2% mensual (interés bancario promedio), fue el siguiente:

b) Garantías del contrato

De acuerdo con el reglamento, la empresa contratista debió constituir una garantía sobre el contrato por un 3% del valor de él, caucionado mediante boleta de garantía bancaria, extendida con un plazo de 28 meses sobre el plazo del contrato, es decir, 43 meses.

Cuadro 14

PLAZO	MONTO (\$)	INTERÉS	UTILIDAD POTENCIAL
2 meses	114 979 839	1.2%	2 759 516
1 mes	105 398 839	1.2%	1 264 786
1 mes	95 816 533	1.2%	1 149 798
1 mes	86 234 880	1.2%	1 034 818
1 mes	76 653 227	1.2%	919 839
1 mes	67 071 574	1.2%	804 859
1 mes	57 489 921	1.2%	689 879
1 mes	47 908 268	1.2%	574 899
1 mes	38 326 615	1.2%	459 919
1 mes	28 744 962	1.2%	344 939
1 mes	19 163 309	1.2%	229 960
2 meses	9 581 653	1.2%	229 960
		TOTAL	\$10 463 172 US\$25 519.93

Esta boleta de garantía bancaria, será devuelta con posterioridad a la liquidación del contrato, aproximadamente 12 meses después del término de la obra.

El costo de esta garantía para la empresa contratista asciende a la suma de:

$$\$13\,797\,580 \times 0.5\% \times 43 \text{ MESES} = \$2\,966\,480 - \text{US\$}7\,235,31$$

c) Retenciones del contrato

De acuerdo con el reglamento y a las bases del contrato, el mandante efectuó retenciones en los estados de pago (hasta un 10%) hasta completar un 5% del monto del contrato, estas retenciones fueron devueltas sin reajustes ni intereses, con posterioridad a la recepción provisoria de la obra.

El COSTO FINANCIERO de estas retenciones para la empresa contratista asciende a la suma de:

Cuadro 15

EP N°	MONTO EJEC.(\$)	MONTO CANCELADO (\$)	RETENCIÓN (\$)	COSTO FINANCIERO (\$)
1	15 330 645	15 330 645	1 533 065	275 952
2	30 661 290	15 330 645	1 533 065	257 555
3	61 322 580	30 661 290	3 066 129	478 316
4	91 983 870	30 661 290	3 066 129	441 522
5	122 645 160	30 661 290	3 066 129	404 728
6	153 306 450	30 661 290	3 066 129	367 935
7	183 967 740	30 661 290	3 066 129	331 142
8	214 629 030	30 661 290	3 066 129	294 348
9	245 290 320	30 661 290	1 533 064	128 777
10	275 951 610	30 661 290		
11	306 612 900	30 661 290		
12	337 274 190	30 661 290		
13	367 935 480	30 661 290		
14	398 596 770	30 661 290		
15	459 919 357	61 322 587		
Tt	459 919 357	459 919 357	22 995 968	2 980 275

d) Póliza de seguro

De acuerdo con el reglamento la empresa contratista debe suscribir una póliza de seguro con alguna compañía aseguradora, a favor del mandante (fisco), que asegure la obra, por un monto progresivo de acuerdo al avance físico y económico del contrato y hasta el término y entrega de la obra.

El valor de esta póliza de seguros fue el siguiente:

Cuadro 16

PLAZO	MONTO ASEGURADO (\$)	COSTO PÓLIZA
1er Mes	15 330 645	1 664
2° Mes	30 661 290	3 374
3er Mes	61 322 580	6 632
4° Mes	91 983 870	9 980
5° Mes	122 645 160	13 306
6° Mes	153 306 450	16 863
7° Mes	183 967 740	20 164
8° Mes	214 629 030	23 609
9° Mes	245 290 320	26 612
10° Mes	275 951 610	29 939
11avo Mes	306 612 900	33 265
12avo Mes	337 274 190	36 592
13avo Mes	367 935 480	39 918
14avo Mes	398 596 770	43 245
15avo Mes	459 596 770	49 898
	TOTAL	355 061

VALOR TOTAL DE LA PÓLIZA DE SEGURO: \$355 061 US\$866

RESUMEN DEL COSTO FINANCIERO:

Cuadro 17

ÍTEM	PARA EL MANDANTE (\$)	PARA EL CONTRATISTA (\$)
POR ANTICIPO	10 463 172	4 361 745
POR GARANTÍA DEL CONTRATO		2 966 480
POR RETENCIONES		2 980 275
POR PÓLIZA DE SEGURO		355 061
TOTAL \$	10 463 172	10 630 561
TOTAL US\$	25 519	25 928

NOTA: El costo financiero tanto para el mandante como para el contratista está prácticamente equiparado, la pequeña diferencia a favor del mandante es absorbida por el contratista en sus utilidades.

El cuadro anterior es meramente ilustrativo de la conveniencia de otorgar anticipos en este tipo de contratos, ya que el mandante en este caso (fisco), por norma legal, no está autorizado a efectuar depósitos a plazo con los fondos disponibles para la ejecución de obras públicas.

B. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO

Antes de efectuar el análisis arquitectónico de la obra, es conveniente esclarecer que el proyecto de arquitectura, fue donado y entregado a la Dirección de Arquitectura para la ejecución de la obra.

Se mantuvo el proyecto original con pequeñas variaciones por consideraciones de tipo económico y porque su esquema de tipología rural otorga a los usuarios, futuros técnicos agrícolas, una rica relación con la naturaleza y el campo, su entorno de trabajo.

1. Emplazamiento

El Liceo Agrícola con Internado de Máfil está emplazado en una zona aledaña (1.5 km) del pueblo de Máfil de 3 000 habitantes, cabecera de la Comuna de Máfil (7 478 habitantes), área preferentemente agrícola y ganadera, en un predio de propiedad municipal de 40 ha.

Las construcciones se plantearon en forma longitudinal, paralelas al camino de acceso, cercanas a él, de manera tal, que ofrece una fachada lineal con respecto al eje N.-S, dejando los terrenos de cultivo hacia el interior del predio.

2. Espacial

Espacialmente el edificio está separado en dos áreas perfectamente diferenciadas: el área correspondiente a la zona docente (liceo propiamente tal) y el área de internado. Ambas áreas están unidas a través de un paso cubierto, abierto lateralmente, que constituye el eje longitudinal (N-S) del conjunto, interceptado entre ambas áreas, por el eje de acceso que remata en la portería.

La obra está planteada en un piso; los distintos niveles del terreno están absorbidos por el eje longitudinal N-S, que presenta gradas en su recorrido para acceder a los edificios, los que presentan algunas diferencias de niveles entre ellos.

a) Area docente-administrativa

El área docente y administrativa conformada por salas de clases, baños de alumnos <as>, oficinas y biblioteca, está organizada en torno a un patio central con corredores (pórticos) de los que se accede a las aulas y baños, y por uno de sus costados lo atraviesa el Eje N-S, - paso cubierto relacionador - desde el que se accede a la zona administrativa, zona del internado, multicancha y campos de cultivo experimental.

Este esquema organizativo en torno a un patio central corresponde a las construcciones rurales de la zona central del país, zona con un clima más benigno y con un índice pluviométrico tres

veces menor que el de esta zona. 800 mm de lluvia en zona central (Curicó, Rengo), 2 300 mm de lluvia al año en la provincia de Valdivia. Asimismo las diferencias de temperatura son mucho menores en la temporada de invierno, máximo promedio 19°C, mínimo promedio 8°C, en la zona central; máximo promedio 17°C, mínimo promedio 7°C, durante la misma temporada en la provincia de Valdivia, registrándose temperaturas mínimas de hasta -3°C.

Las condiciones climáticas invernales extremas en la zona central se producen durante los meses de junio a agosto, mientras que en la zona sur, se producen desde fines de abril a octubre. (Información del Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Valdivia). Esta diferencia térmica se ve aumentada, si se considera que las aulas y oficinas cuentan con calefacción central. Como una forma de atenuar estas diferencias y proteger a los alumnos y profesores de la lluvia invernal, fue necesario, modificar el proyecto original, instalando en los corredores que enfrentan al norte, frente a las puertas de las salas de clases, baños y acceso a pabellón administrativo, mamparos vidriados de protección.

Las salas de clases cuentan con ventanas en los techos para iluminación cenital.

b) Área de internado

El Internado está organizado en dos pabellones; pabellón de dormitorios, con accesos independientes para mujeres y varones, y el pabellón de servicios. Ambos pabellones se relacionan a través del eje longitudinal N-S.- paso cubierto- que les une.

Las distintas zonas del área internado, dormitorios de mujeres, dormitorios de varones y zona de servicios, son más concentradas, como unidades, pero la relación entre ellas se da por el exterior, por lo que también hubo que proteger los accesos con mamparos vidriados.

La organización espacial del conjunto tiende a la dispersión, si bien, la relación del estudiante con el campo, con la naturaleza, puede ser rica, funcionalmente no es adecuada para un clima como el de la Provincia de Valdivia.

El eje longitudinal N-S, relacionador de los distintos elementos del conjunto, que en este caso debería funcionar como patio cubierto y acoger múltiples funciones de los estudiantes, carece de una ambientación adecuada para protegerlo del clima, en una zona en que la temporada de lluvias se prolonga desde Marzo a Diciembre.

3. Funcionalidad

Desde el punto de vista funcional, como unidades separadas, cada unidad del conjunto funciona bien. Como un todo, la funcionalidad del conjunto de edificios se ve afectada por factores climáticos; especialmente el área docente, en que alumnos y profesores están expuestos a grandes diferencias de temperatura y condiciones ambientales, por el solo hecho de salir de las salas de clases para ir a los baños, o simplemente al finalizar cada clase, ya que entre las aulas calefaccionadas y el corredor exterior puede haber diferencias de temperatura de hasta 18°C. Lo mismo sucede al pasar desde los comedores y sala de estar o estudios, hacia los dormitorios.

4. Materialidad

La materialidad del edificio presenta aspectos positivos y negativos que ponderar:

POSITIVOS: La construcción de albañilería de ladrillos es buena desde el punto de vista térmico, ya que su inercia térmica es mayor que la de otros materiales, sin la necesidad del uso de materiales aislantes adicionales, sufre menor pérdida calórica en invierno y es más fresca en verano.

Desde el punto de vista de la mantención, la albañilería requiere menores obras de mantención que otros materiales, como la madera por ejemplo, que debe ser pintada cada dos años, por lo que su costo de mantención es mayor.

Otro factor positivo de la albañilería es que permite que un edificio sea reciclado y alargar su vida útil. Asimismo es positiva la albañilería de ladrillos en la construcción de obras habitables, especialmente el uso de ella en las zonas húmedas, es decir, en baños, cocinas y lavaderos, ya que permite el uso de materiales de revestimiento como la cerámica, para una mejor mantención de aseo y permite una mejor preservación del edificio ante posibles fallas de las instalaciones.

NEGATIVOS: Desde el punto de vista ambiental, las construcciones de albañilería, en esta zona, requieren de calefacción y ventilación, especialmente en la temporada de invierno, en caso contrario presentan problemas de florecencias y hongos en sus muros por saturación de humedad. En la obra que estamos analizando aún no se han presentado estos efectos negativos, por el corto período de uso y por el uso de la calefacción.

El uso de MADERAS NATURALES en revestimientos de cielos, en estructuras a la vista, en techumbre y pilares de los corredores, paso cubierto y algunas puertas, constituyen un aporte positivo a la obra, ya que atenúa la frialdad del hormigón y crea un grato ambiente de calidez.

La CUBIERTA: el material, <acero prepintado>, seleccionado para la cubierta, es de excelente calidad y duración, no requiere de mantención y los largos continuos de sus planchas aseguran una buena impermeabilización; desde el punto de vista estético, considerando la ruralidad del entorno, el material aparece fuera de contexto.

Las VENTANAS DE ALUMINIO: por problemas de costo, se instalaron ventanas de aluminio anodizado natural (color aluminio), son de excelente calidad y duración, pero desde el punto de vista estético, al igual que en el punto anterior, el brillo metálico, hace que el material aparezca fuera de contexto.

III. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

De acuerdo con lo analizado en el proyecto y a los antecedentes de la región en términos de recursos y producción de insumos (ver anexos) se proponen los siguientes cambios en las proposiciones:

A. PROPUESTA 1

1. Descripción

a) Diseño

i) Área docente: El sector salas de clases se modifica en su organización general eliminándose el patio central y los corredores exteriores de acceso; se agrupa el total de las salas de clase en un pabellón de doble crujía con un pasillo central interior, con techo vidriado que permita el ingreso de luz y sol al recinto.

Este pasillo vidriado contará con ventanas abatibles hacia el sur para el control de la temperatura interior.

El sector de pabellón de baños, se desplaza al fondo del pasillo y permite a la vez el acceso y salida al recinto, hacia y desde el exterior.

Entre el sector salas de clases y sector administrativo se propone la ejecución de un sector intermedio que funcione como patio cubierto para los alumnos y que permita la conexión de ambos sectores sin necesidad de salir al exterior, este sector se plantea además como un recinto de acceso y salida del área docente.

Este patio cubierto se propone como un elemento vidriado que no interrumpa la luminosidad interior de algunos recintos y mantenga la relación visual de los alumnos con el medio ambiente, se plantea como zona de estar de los alumnos durante los recreos y horas libres, lugar de reunión y a la vez, que pueda ser usado como invernadero experimental.

El control de la temperatura mediante elementos móviles y quebrasoles vivos (vegetales).

ii) Área internado: De igual forma que en el Área Docente, se propone el acercamiento de los dos pabellones que la conforman, es decir, área de dormitorios y área de servicios, y la creación entre ambas de un espacio intermedio, de características similares al propuesto para el área docente.

De tal forma, que la relación entre los pabellones de dormitorios y servicios, no se produzca a través del exterior, sino que a través de este espacio intermedio vidriado.

iii) Eje norte sur: Se mantiene parte del eje Norte Sur, paso cubierto- relacionador de ambas áreas, área internado y área docente, con la portería en su punto intermedio.

iv) Viviendas: Se mantiene las viviendas del director y cuidador, con su actual diseño y ubicación. Se modifica sus especificaciones técnicas.

b) Materialidad

Se modifica las especificaciones técnicas originales, en las siguientes partidas:

i) Obra gruesa: estructura de muros y tabiques

- Madera: La obra, incluidas las viviendas, se propone en tabiquería de madera, estructurada en madera de Pino tratado de las siguientes dimensiones: soleras inferiores en 2"x4", con tratamiento impermeabilizante y cintas de fieltro asfáltico en su zona de contacto con elementos de hormigón; pie derechos en 2"x4", a una distancia máxima de 0.50 m. a eje; cadenas de 2"x4" a 0.50 m, diagonales y soleras superiores en 2"x4". Esquineros y encuentros de tabiques de 4"x4", los dinteles de puertas y ventanas serán reforzados mediante piezas de madera de 2"x8".

- Albañilería: Se mantiene en albañilería de ladrillos de arcilla, reforzada con elementos de hormigón armado los sectores húmedos, correspondientes a baños, cocina, lavadero y sala de caldera; en baños además se usará tabiques sanitarios fabricados en obra.

- Estructura de madera laminada: Los muros y cubierta correspondientes a las zonas intermedias, propuestas en áreas docente e internado, serán ejecutados con marcos de madera laminada, biarticulados (como un galpón) en perfiles laminados, de 150x250 mm cada cuatro metros, las vigas de amarre serán vigas laminadas de 150x250 mm con conectores metálicos de acuerdo con el diseño. Los marcos irán anclados a los sobrecimientos mediante anclajes metálicos empotrados formados por platinas metálicas de 6 mm de espesor. Estos elementos metálicos serán protegidos mediante pinturas anticorrosiva y pintura de terminación. Entre estos elementos se instalará las ventanas y puertas correspondientes.

Las medidas y espesores definitivos serán las que entregue el cálculo correspondiente. Las costaneras, también serán elementos laminados, de 100x150 mm.

- Fundaciones: Las fundaciones serán ejecutadas en base a cimientos corridos de hormigón, armados o sin armar, de acuerdo con los niveles de piso terminado con respecto al nivel del terreno y los estudios de cálculo correspondientes al peso que soportan con las estructuras propuestas en madera y las que se mantienen en albañilería.

Estructura de techumbre:

- Madera: Se elimina las estructuras de techumbre a la vista en recintos correspondientes a salas de clases, estar, comedores y dormitorios; se mantiene las estructuras a la vista en paso cubierto y pasillo de salas de clases y entre éstas y pabellón de baños.

Se eliminan los pilares y vigas perimetrales exteriores de madera, de los pabellones de salas de clases, administración, estar y comedor.

La estructura de techumbre se ejecutará en madera, en base a cerchas fabricadas en obra, de acuerdo con el diseño y cálculo correspondiente.

Sobre la estructura de madera compuesta por cerchas y sobretabiques llevará costaneras de roble de 2"x3" a 0.80 m. y sobre ellas placa contrachapada de 16 mm para recibir cubierta.

- Madera laminada: La estructura de techumbre de los espacios intermedios de acuerdo con lo especificado.

- Madera a la vista: Para el paso cubierto y portería se mantiene el mismo detalle estructural correspondiente al proyecto original.

Cubierta:

- Fierro galvanizado ondulado: Sobre la placa contrachapada de 16 mm, fieltro asfáltico N° 15, como impermeabilizante de cubierta, y sobre él, fierro galvanizado ondulado de 0.5 mm de espesor, fijado a la base mediante clavos de techo con golilla galvanizada y de neoprén.

- De vidrio: En zonas intermedias y pasillos entre salas de clases y entre éstas y pabellón de servicios higiénicos, se ejecutará cubierta transparente de vidrio reforzado con malla metálica, de los espesores recomendados por el fabricante.

Esta cubierta irá montada sobre la estructura laminada mediante perfiles de metal para ventanas Cintac o similar. Los encuentros de vidrios se sellarán con cintas Compriband o similar.

La estructura deberá considerar en su parte superior una zona de ventanas abatibles orientadas hacia el sur, para control de la temperatura del recinto.

Sobre la cubierta de vidrio se considera un sistema de instalación de telones movibles de sombra para la temporada de verano, durante los primeros años, el que será reemplazado por vegetación de hojas caducas.

- Hojalatería: Se considera hojalaterías de plancha de fierro galvanizado liso de 0.5 mm de espesor: canaletas de aguas lluvias, caballetes, forros terminales etc. Las bajadas de aguas lluvias serán de P.V.C. de 110 mm.

ii) Terminaciones

Revestimientos exteriores:

- Placa contrachapada: En todos los muros y tabiques ejecutados en madera, se usará revestimientos exteriores de placa contrachapada para exterior, de 16 mm de espesor; previamente se protegerá la estructura impermeabilizándola con fieltro asfáltico.

La placa antes de su instalación se sellará en sus caras y cantos con aparejo de óleo opaco, se fijará a la estructura mediante tornillos para madera, avellanados, y luego se pintarán sus cabezas con pintura antióxido; en su zona inferior, llevarán protección hídrica, mediante pieza de hojalatería cortagotera, de 0.5 mm de espesor.

En la zona de encuentro vertical de las placas, se producirá cantería de 8 mm de ancho, la que posteriormente se sellará con silicona con fungicida.

- Estuco de cemento: Los muros y tabiques de albañilería se estucarán con mortero de cemento en proporción de 1:3, con aditivo hidrófugo en la primera carga, y en proporción 1:4, sin aditivo, la carga de terminación y será a grano perdido.

Revestimientos interiores:

- Madera: En zonas correspondientes a muros y tabiques de madera, se usará como revestimiento interior placas de madera aglomerada, tableros de partículas, de 16 mm de espesor.

Se mantiene el zócalo vinílico de 0.90 m de altura en salas de clases y pasillos. Previo a la instalación del revestimiento interior, se instalará una barrera de vapor consistente en una película de polietileno de 0.15 mm de espesor, que debe ser colocada en forma horizontal entre el aislante y el revestimiento interior, con traslapes mínimos de 10 cm.

- Estuco de cemento: Los muros y tabiques de albañilería se estucarán en sus caras interiores con mortero de cemento en proporción 1:3, terminándose peinado para recibir recubrimiento cerámico en las zonas húmedas, y a grano perdido en las que no corresponden a zonas húmedas.

- Revestimiento cerámico: Los muros y tabiques de albañilería en sus caras correspondientes a zonas húmedas serán revestidos con palmetas cerámicas blancas de 15x15 cm de piso a cielo.

Cielos

- De madera: Los cielos de los recintos secos, se ejecutarán en entablado de madera de pino machihembrado de 3/4"x5".

- De internit: Los recintos húmedos, llevarán cielos de placa Internit o similar de 3.5 mm de espesor, sobre embarrotado de pino de 2"x2".

Aislación

Como aislante de muros, tabiques y sobre los cielos, se usará colchoneta de lana mineralizada (aislón) de 50 mm de espesor.

Pavimentos

Se mantiene los pavimentos especificados en el proyecto original, pavimentos vinílicos en salas de clases, oficinas, dormitorios, estar y comedor; en zonas correspondientes a zonas húmedas, paso cubierto, pasillo de salas de clases y zonas intermedias, se usará baldosa de cemento microvibradas.

Molduras y elementos de terminación

Molduras, cornizas y guardapolvos serán de madera, excepto en zonas húmedas en que se usará guardapolvos de baldosa similar al pavimento.

Marcos de puertas y puertas

Se mantienen en madera de acuerdo con el proyecto original, las puertas de escape de los dormitorios se cambian a madera. Se usará maderas nativas, los marcos serán de 2"x4".

Ventanas

Madera: Los marcos de ventanas y ventanas de abatir y fijas, se ejecutarán en madera nativa; los marcos serán de 2"x6", las batientes y paños fijos serán en 2"x4". Los vidrios serán blancos, lisos o catedral de acuerdo con su función y de los espesores indicados por la norma.

Pinturas y barnices

Látex acrílico:	Sobre muros estucados interiores.
Óleo opaco:	Sobre placas de madera aglomerada.
Óleo brillante:	Sobre maderas exteriores y puertas.
Barniz marino:	Sobre estructuras de madera a la vista, sobre marcos de puertas y ventanas y sobre ventanas de madera.
Pintura antióxido:	Sobre metales incluye cubierta.
Estuco elastomérico:	Sobre placas contrachapadas y estuco de cemento exteriores.

Accesorios y muebles

El proyecto considera los mismos accesorios y muebles que el proyecto original.

Obras complementarias

El proyecto considera las mismas obras complementarias del proyecto original.

iii) Instalaciones:

- Agua potable: Se mantiene el mismo proyecto de instalaciones del proyecto original, se incluye red seca de incendios.
- Alcantarillado: Se mantiene el mismo proyecto del proyecto original.
- Electricidad: Se mantiene el mismo proyecto del proyecto original.
- Calefacción Central: Se complementa el proyecto original apoyando la caldera a leña con colectores de energía solar para el agua caliente del edificio; De manera que los gastos de operación de calefacción y agua caliente sean menores.

c) Superficie

La proposición aumenta la superficie del proyecto en 138.98 m², desde el punto de vista contable, desde el punto de vista funcional la superficie se aumenta en 451.69 m²; 322.09 m² correspondientes a zonas intermedias, en Liceo e Internado y 129.6 m² correspondientes a pasillos cerrados, vidriados en sector docente. En el proyecto original los pasos cubiertos-abiertos habían sido considerados como media superficie en la cuantificación de ella.

SUPERFICIE FINAL PROPUESTA = 2 136.35 m².

2. Análisis comparativo

En el presente estudio de costos, se dejan fuera las partidas correspondientes a los items: costo del terreno; costos de estudios; costos de gestión; por considerarse que su diferencia no sería relevante al estudio comparativo al cual estamos abocados; se considerará solamente los costos de construcción.

a) Costos de construcción

El costo estimativo final de la construcción del proyecto de proposición asciende a la suma de:

* \$358 548 966 US\$874 509 (**)

Diferencia con el proyecto original:

* \$101 370 391 US\$247 245 (**)

Valor del m² de construcción de la proposición:

* \$167 832 US\$409,34 (**)

Diferencia con el proyecto original:

* \$62 430 / m² US\$152,26 / m²(**)

Corresponde a 27.11% menor.

* Todos estos valores incluyen impuestos.

** = Valor del Dolar \$410.00.

- El desglose del costo estimativo de la proposición es el siguiente:

A. Permisos y derechos	\$ 3 671 288
B. Obra gruesa	\$146 141 090
C. Terminaciones	\$103 304 876
D. Obras complementarias	\$ 24 375 985
E. Instalaciones	
- Agua potable	\$ 3 275 302
- Alcantarillado	\$ 5 305 596
- Electricidad	\$ 5 624 567
- Gas licuado	\$ 355 896
- Calefacción central	\$ 11 800 456
SUBTOTAL PRESUPUESTO ESTIMATIVO	\$303 855 817
18% IMPUESTO AL VALOR AGREGADO	\$ 54 693 910
TOTAL	\$358 548 966

b) Análisis de costos

A continuación se analizará las partidas correspondientes a cambios de materiales y zonas nuevas, de la proposición:

Cuadro 18

1.- OBRA GRUESA				
ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA MATERIALES	INCIDENCIA MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES
ESTRUCTURA DE MADERA PIE DERECHO-SOLERA-DIAGONAL	m ²	6 430	55.8%	21.2%
ESTRUCTURA LAMINADA	m ²	23 458	60.0%	17.0%
ENCAMISADO PLACA CONTRACHAPADA	m ²	7 025	62.0%	15.0%
CUBIERTA ZINC ALUMINIO	m ²	5 120	54.2%	22.8%
CUBIERTA VIDRIO	m ²	18 254	42.8%	34.2%
HOJALATERÍA ZINC ALUMINIO CABALLETES	ml	1 876	43.0%	34.0%

Cuadro 19

2.- TERMINACIONES				
ÍTEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	INCIDENCIA MATERIALES	INCIDENCIA MANO OBRA Y LEYES SOCIALES
REVESTIMIENTO EXTERIOR PLACA CONTRACHAPADA	m ²	7 025	63.0%	14.0%
AISLACIÓN CIELOS Y MUROS	m ²	863	64.5%	12.5%
REVESTIMIENTO INTERIOR PLACA AGLOMERADA 12 mm.	m ²	3 250	52.7%	24.3%
VENTANAS MADERA	m ²	27 890	50.6%	26.4%
ESTUCO ELASTOMERICO	m ²	3 250	43.0%	34.0%

c) Comparación del análisis de costos de la proposición con respecto al proyecto original

Cuadro 20

PROYECTO ORIGINAL		PROPUESTA	
1. OBRA GRUESA			
MATERIALES 57.5%	MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES 19.71%	MATERIALES 52.96%	MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES 24.03%
2. TERMINACIONES			
MATERIALES 57.03%	MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES 21.4%	MATERIALES 54.76%	MANO DE OBRA Y LEYES SOCIALES 22.24%

NOTA: Considerando la partida excavaciones, los materiales de obra gruesa descienden de 57.5% a 52.96%, en tanto que la mano de obra y leyes sociales sube de un 19.71% a 24.03%.

Sin considerar la partida de excavaciones, es especial por no considerar materiales, solamente mano de obra, leyes sociales y desgaste de herramientas además de gastos generales y utilidades, la diferencia que se produce entre materiales (63.90%) es de 10.94 puntos menor y en mano de obra y leyes sociales (14.01%) es de 10.02 puntos mayor.

En cuanto a las partidas correspondientes a terminaciones, los materiales descienden de un 57.03% a 54.76% y la mano de obra y leyes sociales suben de 21.4% a 22.24%.

Globalmente, se puede apreciar un incremento en la incidencia de la mano de obra en los valores unitarios de las partidas analizadas, con respecto a los análisis efectuados en el proyecto original.

B. PROPUESTA 2

1. Descripción

a) Diseño

El programa se desarrolla en un edificio de cuatro niveles en que el primer nivel corresponde a un piso semizócalo, para aprovechar los niveles del terreno en el emplazamiento elegido, distinto del anterior, dentro del mismo predio.

Se propone un patio vidriado a nivel intermedio entre el primer y segundo piso. Este espacio, se plantea como congregador de gran parte de las actividades del edificio, ya que todos los pisos se vuelcan hacia él. Es un espacio que actúa como habitación solar, siguiendo los principios de la ENERGÍA SOLAR PASIVA (Bruce Anderson/ Malcom Wells; Guía Fácil de Energía Solar Pasiva, Ediciones G. Gilli, S.A. México 1984).

b) Materialidad

Se propone la ejecución del edificio en base a una macro estructura de madera laminada, pilares y vigas, con fundaciones de hormigón de acuerdo con el cálculo estructural correspondiente, losas de entrepisos de hormigón, tabiquerías de madera de pino tratado, revestimientos exteriores de placa contrachapada de madera de 16 mm protegida mediante estuco elastomérico; revestimientos interiores de placa de partículas de 12 mm de espesor, cielos de yeso-cartón (volcanita) de 10 mm de espesor, revestimientos interiores en zonas húmedas en placas de partículas con revestimiento melamínico de 10 mm de espesor.

Pavimentos vinílicos en palmetas, de tráfico intenso (2.4 mm), en pasillos, salas de clases, oficinas, baños, cocina y comedor. parquet de madera prensada (cholguán), vitrificado, en dormitorios y sala de estar y estudios.

Estructura de techumbre en madera, escuadrías de acuerdo con el cálculo correspondiente, entablado de cubierta, placa contrachapada de madera de 16 mm. de espesor, fieltro asfáltico de 15 lb como impermeabilizante; cubierta de fierro-techo (zinc-aluminio), onda estándar y vidrio reforzado en zonas de patio cubierto. El proyecto considera además, todos los elementos de sellos hídricos, barreras de humedad, aislación térmica y acústicas correspondientes; puertas y ventanas en madera.

Instalaciones: eléctrica, agua potable y alcantarillado las normales para este tipo de edificios;

Calefacción: La agrupación del edificio y su materialidad ha sido planteada siguiendo las indicaciones para la utilización de la energía solar pasiva, de manera tal, que el edificio no necesite ningún sistema especial de calefacción, excepto como apoyo para los sistemas de agua caliente en base a colectores solares (E.S. Activa).

Se plantea el aprovechamiento integral de los elementos captadores de energía incorporados al proyecto de arquitectura, tales como habitaciones solares, chimeneas solares (calor y frío), techo solar, acumuladores de energía etc. Uso de materiales aislantes y doble vidrio en ventanas.

c) Superficie y distribución por niveles

1 ^{er} nivel:	Zona administrativa, baños alumnos (liceo), accesos, zona de servicios internado, patio cubierto: 1 076.00 m ² .
2° nivel:	Biblioteca, aula 20 al., aula N° 1 (45 al.), estar/estudio, comedor y comedor y cocina del internado: 550.69 m ² .
3 ^{er} nivel:	Aula 30 al., 4 aulas (45 al.), sector dormitorio internado mujeres: 560.17 m ² .
4° nivel:	Dormitorio internado varones: 533.27 m ² .

T O T A L: 2 720.13 m².

La proposición N° 2 se ve aumentada en 583.78 m² con respecto a la proposición N° 1, porque la distribución en cuatro niveles aumenta las superficies de circulación.

2. Análisis comparativo

En el presente estudio de costos, al igual que en la primera alternativa de cambios, se dejan fuera las partidas correspondientes a los ítems: costo del terreno; costos de estudios; costos de gestión; por considerarse que su diferencia no sería relevante al estudio comparativo al cual estamos abocados; se considerará solamente los costos de construcción.

a) Costos de construcción

El costo estimativo final de la construcción de la segunda proposición asciende a la suma de:

* \$723 749 901 US\$1 765 244 (**)

Diferencia con el proyecto original:

* \$263 830 544 US\$643 489 (**)

Valor del m² de construcción de la 2^a proposición:

* \$266 084 US\$648.98 (**)

Diferencia con valor del m² del proyecto original (excluido el terreno):

* \$36 084 US\$88.00 (**)
corresponde un 15.6% mayor.

* todos los valores incluyen impuestos
** valor del dólar \$410.00

Desglose del costo estimativo de la segunda proposición:

i)	Permisos y derechos	3 671 288
ii)	Obra gruesa	267 098 836
iii)	Terminaciones	300 088 785
iv)	Obras complementarias	24 375 985
v)	Instalaciones	
	- Agua Potable	4 605 820
	- Alcantarillado	6 305 970
	- Electricidad	6 680 690
	- Gas licuado	520 000
	- Calefacción central	-0-
	SUBTOTAL PRESUPUESTO ESTIMATIVO	613 347 374
	18% IMPUESTO AL VALOR AGREGADO	110 402 527
	T O T A L	723 749 901

b) Análisis de la segunda alternativa

- El valor por m² del proyecto original, sin considerar el valor del terreno ascendió a \$230 000.
- Si la segunda alternativa hubiera sido planteada con el mismo sistema constructivo del proyecto original, su costo sería:

$$2\,720\text{ m}^2 \times \$230\,000 = \$625\,600\,000$$

Es decir, existiría una diferencia de \$98 149 901 a favor del sistema constructivo usado en el proyecto original, diferencia que con el sistema constructivo propuesto sería absorbida en aproximadamente 10 años por menores costos de operación, de acuerdo con el siguiente estudio:

i) Diferencias por costos de operación y mantención:Sistema de calefacción

Costo del sistema: \$15 733 941; considerando una vida útil del sistema de 10 años más costos de reparación y manutención del sistema arroja una economía de \$1 973 394

Operación del sistema de calefacción central

Por consumo de leña:

$$250\text{ m}^3 \text{ de leña} \times \$8\,000 + \text{IVA} = 2\,360\,000$$

$$2\text{ caldereros} + \text{leyes sociales} \times 10\text{ meses} = 1\,800\,000$$

$$\text{Por producción de agua caliente} = (\text{al año})\,528\,000$$

Por mantención de pinturas exteriores

Costo de pinturas exteriores cada tres años

$$\$8\,354\,003/3 = \text{costo por 1 año: } 2\,784\,668$$

Total menores costos de mantención al año =

$$\$9\,446\,062$$

$$(\text{US\$}23\,039)$$

ii) Análisis de precios unitarios:

- Obra gruesa: las partidas correspondientes a obra gruesa y sus precios unitarios son los mismos estudiados en el cuadro 10. La diferencia es que en la Propuesta N° 2 hay un mayor énfasis en algunas de ellas, que las transforman en significativas en el análisis final del valor del m² de la obra, tal es el caso de la estructura laminada en madera, y de las cubiertas vidriadas, asimismo hay una partida que corresponde a los colectores solares para el agua caliente del edificio que fue absorbida en la partida de cubierta.

- Terminaciones: En las partidas correspondientes a terminaciones hubo rebajas significativas al disminuirse los recubrimientos cerámicos en las zonas húmedas y en su reemplazo el uso de maderas aglomeradas con revestimiento melamínico, pero por otro lado el valor de las ventanas se vio duplicado al especificarse ventanas con doble vidrio o vidrio-par por sus características térmicas, ya que el valor del m² de ventana incluido vidrio (sencillo), en la alternativa anterior había sido considerado en \$27 890+IVA, el valor del vidrio-par es de \$25 500+IVA, además del valor de la ventana. Además el proyecto considera toda una zona de fachada con revestimiento vidriado para el aprovechamiento de la energía solar pasiva. Un caso similar se produce con los colectores de energía solar (activa).

Notas

1/ Bruce Anderson, Malcom Wells; Guía fácil de energía solar pasiva, Ediciones Gustavo Gilli, S.A. México 1984.

2/ Diferencia entre sistemas de calefacción por costos de operación y mantención al año = US\$23 039 x 10 años = 230 390 dólares.

ANEXOS

Anexo 1

ANTECEDENTES GENERALES DE LA DÉCIMA REGIÓN Y DE LA
PROVINCIA DE VALDIVIAa) Recuento geográfico

La Décima Región (De Los Lagos) del país, se encuentra entre los 39°15' y los 45° de Latitud Sur y entre los 71°30' y 74° de Longitud Oeste; cubre una extensión aproximada de 62 235.9 km², representando casi un 10% del Chile Sudamericano en la que habitan unas 948 809 personas, con una densidad de 15.24 hab/km² (INE, censo año 1992).

La región de Los Lagos enlaza el sector meridional del Chile intermontano con la primera porción septentrional del paisaje de los canales. En ella anudan la historia reciente del medio lacustre con aquella cuatro veces centenaria de Chiloé insular y de los escasos y aislados brotes poblacionales en la inmensidad del Chiloé continental, separados por un mar interior salpicado de islas y laberintos marinos, por donde se desliza el peculiar brote del poblador chilote, mitad labriego y mitad pescador.

La región de Los Lagos limita al norte con la región de la Araucanía, siguiendo los límites de las provincias de Cautín y Valdivia.

Al oriente limita con Argentina y al sur con la región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, siguiendo el trazado entre las provincias de Chiloé y Aisén, desde la frontera con Argentina hasta aproximadamente la cabecera del río Rodríguez; desde este lugar y hasta el canal de Moraleda el deslinde específico pasa por la isla Guafo y el archipiélago de Las Guaitecas. Por el oeste limita con el Océano Pacífico.

b) El marco físico

La orografía permite separar dos áreas bien definidas: una al norte del canal de Chacao y la otra al sur del mencionado accidente. Al norte se presentan las tres unidades del relieve típico de Chile, Cordillera de Los Andes, Valle Central y Cordillera de la Costa; siendo la depresión intermedia la unidad más interesante, por los rasgos humanizados que detenta; en la parte norte se ve amenazada su continuidad por los cordones transversales que separan las aguas de los ríos Toltén, Valdivia y Bueno. A partir de la localidad de Paillaco se restituye plenamente hasta sucumbir en el seno de Reloncaví.

El relleno combinado de tipo glacial, volcánico y fluvial le ha conferido a esta unidad fisiológica una topografía bastante distinta, a lo que debe agregarse en la zona de contacto con los Andes una guirnalda de lagos, que primero aparecen digitados, como el Calafquén, Panguipulli y Riñihue, y que al sur se desplazan hacia el oeste, redondeando sus contornos, como ocurre con el Ranco, Puyehue y Llanquihue, este último posesionándose plenamente del llano central.

Los Andes se hacen anunciar a través de una cadena antepuesta de conos volcánicos de faldas nevadas (Choshuenco, Puyehue, Osorno, etc.), dispuestos junto a la línea de lagos y que representan las alturas más notables (2 500 m como promedio). Los Andes han perdido altura, presentan un descenso en la línea de las nieves y campos de ventisqueros, de los que nacen numerosos cursos de agua. El volcanismo no está del todo sosegado, y de cuando en cuando sus erupciones suelen

provocar preocupación y daños de relativa consideración. La Cordillera de la Costa aparece bien constituida en la sección septentrional, pero va perdiendo altura hacia el sector meridional.

Al sur del canal de Chacao el mar ha inundado la depresión intermedia, dejando al oriente un sector montañoso e interrumpido, donde las cuencas intermontañas se suceden por el río Puelo, el Yelcho y el Palena, que ofrecen las únicas facilidades de comunicación hacia el interior, en cambio, está la porción insular, réplica del paisaje cordillerano costero de más al norte, en el borde que mira al mar chileno (bordemar), mientras que las tierras borderas al mar interior semejan las características del llano central. El mar chilote, por sus condiciones de abrigo, ofrece especiales facilidades para la navegación y cuenta con ricos recursos ictiológicos.

En lo climático, aparece un medio extremadamente húmedo, con lluvias que se prolongan a lo largo de todo el año y que apenas conceden un corto respiro estival; como es normal, son más abundantes en la costa (Corral sobrepasa los 3 000 mm), decrecen un tanto detrás de la cordillera de la Costa (Valdivia, 2 000 mm) y se tornan agobiantes en la cordillera de Los Andes (5 000 mm al interior de Valdivia). Las temperaturas descienden cautelosamente hacia el Sur; el promedio térmico anual es de 11.9°C en Valdivia; 11.1°C en Puerto Montt; 10.7°C en Castro y 9.6°C en la Isla Guafo.

La alta humedad reinante se traduce en un denso y exuberante bosque siempre verde. Esta formación está constituida por varios estratos, donde proliferan las manifestaciones hidrófilas, con helechos, musgos epífitas, etc.; los matorrales densos, como el maqui, quilas, colihues y otros; los diversos nothofagus (coigües, robles, lengas, y ñirres); los olivillos, lingues, avellanos, laureles, mañío, ulmos y tineos. Por la costa aparecen el lleuque y el alerce gigante, que impone su estatura; asoma también el ciprés de las Guaitecas; todavía en los Andes septentrionales se presentan las últimas araucarias.

La hidrografía es caudalosa, pero corre pausadamente por el efecto aquietador de los lagos, que despojan a los ríos de materiales en suspensión, por lo que sus aguas son claras y en parte navegables; las hoyas del río Valdivia, Bueno y Maullín desaguan extensos complejos lacustres; más al sur, el Puelo y Riñihue desembocan en fiordos; precipitándose de cordillera a mar intempestivamente. Más al sur aún el Yelcho y el Palena vuelven a organizar hoyas lacustres de importancia.

Los mejores suelos se asocian a los cursos de los ríos y a las cubetas lacustres, en cuyas terrazas borderas se presentan las mejores condiciones agrícolas; los lomeríos presentan suelos de menor potencialidad por el peligro de la erosión; también aparecen extensas áreas con mal drenaje superficial denominadas ñadis, que podrían ser recuperadas adicionando suelos de buena aptitud agropecuaria. (Programa de Desarrollo de la Provincia de Valdivia, CORFO enero, 1978).

Anexo 2

ANTECEDENTES RELATIVOS A LOS RECURSOS FORESTALES Y PRODUCCIÓN MADERERA EN LA REGIÓN^{*/}

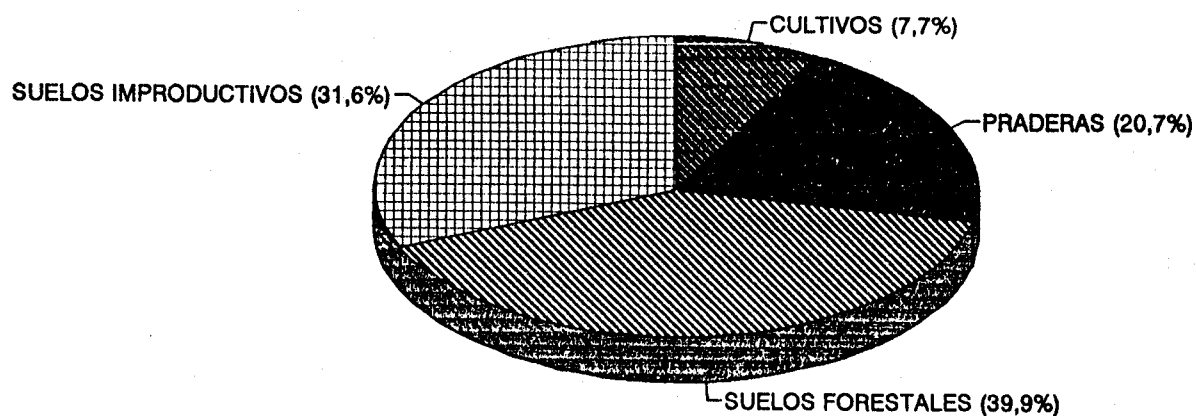
a) Recursos forestales

Cuadro 21
USO POTENCIAL DE LOS SUELOS POR PROVINCIA, Xª REGIÓN, 1993
(Superficie en miles de hectáreas)

Uso Potencial	Total región	Valdivia	Osorno	Llanquihue	Chiloé	Palena
Cultivos	565.0	172.3	160.1	118.0	114.6	
Praderas	1 511.9	425.4	322.0	243.5	212.9	308.1
Suelos forestales	2 912.6	728.1	189.7	765.5	409.4	819.9
Suelos improductivos	2 303.3	521.5	251.8	691.1	81.9	757.0
TOTAL	7 292.8	1.847.3	923.6	1 818.1	818.8	1 885

Fuente: Peralta; Conaf Xª Región, 1991.

Gráfico 1
DISTRIBUCIÓN DE TERRENOS DE LA Xª REGIÓN (7.3 millones de hectáreas)



FUENTE: PERALTA; CONAF, 1991.

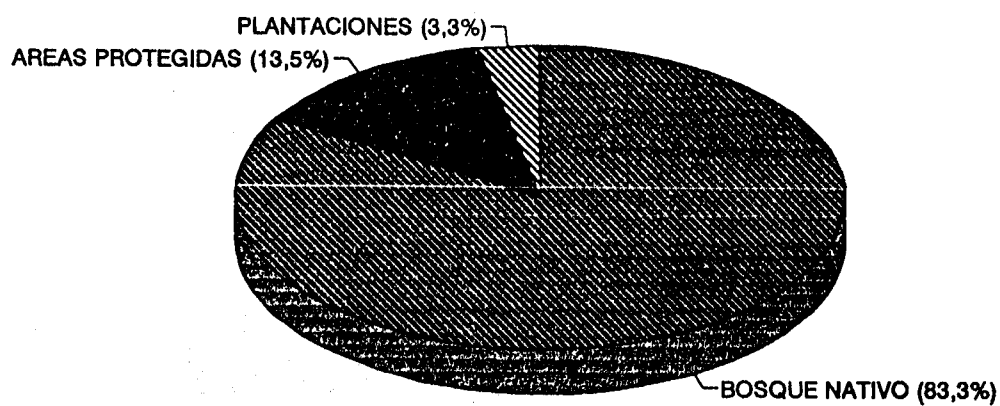
^{*/} Entregados por el Instituto Nacional Forestal (INFOR), correspondientes al año 1993-1994.

Cuadro 22

RECURSOS FORESTALES 1993						
RECURSOS FORESTALES	SUPERFICIES (ha)			VOLUMEN (mill. m³)		
	País	Xª Región	%	País	Xª Región	%
TOTAL RECURSO FORESTAL	23 021 982	4 318 073	18.8%	1 109.8	755.5	68.1%
BOSQUE NATIVO						
POTENCIAL PRODUCTIVO	7 493 200	3 592 600	47.2%	891.0	744.2	83.5%
PLANTACIONES	1 694 104	142 006	8.4%	218.8	11.3	5.2%
Pino Radiata	1 360 104	106 322	7.8%	181.8	11.6	6.4%
Eucalipto	206 711	27 372	13.2%	-	-	-
Otras Especies	126 475	8 312	6.6%	-	-	-
AREA SILVESTRES						
PROTEGIDAS.	13 834 678	583 467	4.2%	-	-	-
Parques Nacionales	8 358 367	488 544	5.5%	-	-	-
Reservas Nacionales	5 461 650	92 615	1.7%	-	-	-
Monumento Natural	14 661	2 308	15.7%	-	-	-

Fuente: CONAF X REGIÓN, 1994; INFOR 1993

Gráfico 2
RECURSOS FORESTALES Xª REGIÓN, 1993 (4.3 millones de hectáreas)



FUENTE: INFOR, 1992.

Cuadro 23

SUPERFICIE POSIBLE DE REFORESTAR SEGÚN PRIORIDAD, Vª A Xª REGIONES, 1986

REGIÓN	SUPERFICIE POSIBLE DE FORESTAR SEGÚN PRIORIDAD Vª A Xª REGIONES, 1986				(2) máximo de obtener con plantaciones artificiales
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	
V	-	-	40 151	73 923	165 545.3
R. METROPOLITANA	11 001	-	-	-	21 261.7
VI	-	-	9 912	7 221	216 644.0
VII	-	-	22 369	111 320	362 358.8
VIII	19 132	-	-	-	945 776.2
IX	1 282	33 775	70 666	62 865	603 501.5
X	2 044	-	-	-	607 402.1
	33 575	179 975	107 200	84 300	
	43 650	202 591	110 519	55 719	
	600	-	-	-	
	-	195 385	323 265	9 150	
	4 875	-	-	-	
TOTAL	78 507	611 726	684 082	404 498	2 922 489.6
	37 652	-	-	-	

Fuente: Universidad de Chile, CONAF, 1986.

(1) Las prioridades son una combinación de las siguientes variables:

- * Uso actual
- * Capacidad de uso
- * Productividad
- * Altitud sobre el nivel de mar

(2) Incluye la superficie plantada a 1986.

Nota: El cuadro anterior indica que es posible incrementar las plantaciones forestales en la Región en 607 402.1 ha, y en más de 1 500 000 ha en las regiones vecinas.

b) Producción maderera

Cuadro 24

PRODUCCIÓN DE TROZAS, LEÑA Y PRODUCTOS INDUSTRIA PRIMARIA, Xª REGIÓN, 1993 (m³)

		RUBRO				
AÑO	TOTAL	Madera Aserrada	Tableros y chapas	Astillas	Trozas Exportación	Leña
TROZAS CONSUMO INDUSTRIAL						
1992	5 389 459	750 764	246 255	676 864	59 576	3 656 000
1993	5 617 565	807 853	259 962	819 654	74 096	3 656 000
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL						
1992	4 800 752	349 200	94 874	641 102	59 576	3 656 000
1993	4 961 409	366 500	89 360	775 453	74 096	3 656 000

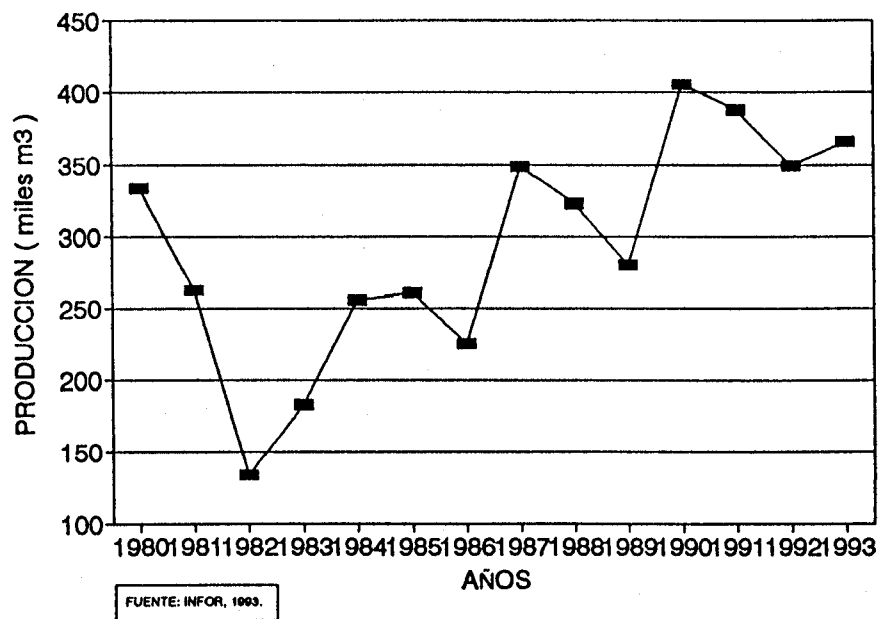
Cuadro 25
PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA 1980-1993

AÑO	PAÍS	MADERA ASERRADA (miles de m³)	
		Xª REGIÓN	PARTICIPACIÓN (%)
1980	2 249.4	332.9	14.8
1981	1 731.9	262.6	15.2
1982 1983	1 172.4	133.4	11.4
1984	1 606.2	182.6	11.4
1985 1986	001.5	255.9	12.8
1987 1988	2 190.6	260.6	11.9
1989	2 025.9	225.3	11.1
1990	2 677.1	348.8	13.0
1991	2 710.3	322.7	11.9
1992	2 680.8	280.0	10.4
1993	3 326.9	405.9	12.2
	3 217.5	388.1	12.1
	3 019.1	349.2	11.6
	3 112.9	366.5	11.8

Fuente: INFOR, 1993.

Gráfico 3

PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA
Xª REGIÓN, 1980-1993



Cuadro 26

PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE TABLEROS Y CHAPAS Xª REGIÓN m³ 1993			
PRODUCTO	PAÍS	Xª REGIÓN	%
FIBRA	56 059	-	-
MDF	198 960	-	-
PARTÍCULAS	255 055	23 688	9.29
CONTRACHAPADOS	59 365	52 385	88.24
CHAPAS (*)	17 600	13 287	75.49
TOTAL	587 039	89 360	15.22

Fuente: INFOR, 1993

(*) La producción de chapas incluye debobinadas y foliadas.

c) Ocupación

Cuadro 27

OCUPACIÓN EN ASERRADERO SEGÚN NIVEL DE ESPECIALIZACIÓN Xª REGIÓN 1993		
	PERMANENTES (N° PERSONAS)	MÓVILES (N° PERSONAS)
1. PROFESIONALES Y TÉCNICOS	34	1
2. ADMINISTRATIVOS	197	95
3. OBREROS CALIFICADOS	317	51
4. OBREROS NO CALIFICADOS	1 842	1 816
SUBTOTAL	2 390	1 963
OCUPACIÓN INDUSTRIA DE TABLEROS Y CHAPAS SEGÚN EL NIVEL DE ESPECIALIZACIÓN, Xª REGIÓN, 1993		
1. PROFESIONALES Y TÉCNICOS	141	-
2. ADMINISTRATIVOS	179	-
3. OBREROS	1 840	-
SUBTOTAL	2 160	
TOTAL	6 193	

Fuente: INFOR 1994.

Cuadro 28

OCUPACIÓN DE LA INDUSTRIA FORESTAL, Xª REGIÓN, 1993			
INDUSTRIA	NUMERO DE PERSONAS		
	PAÍS	REGIÓN	%
ASERRÍO	19 788	4 353	22.00
ASTILLAS	1 394	187	13.41
CAJONES (1)	3 935	50	1.27
ELABORACIÓN	8 089	992	12.26
OTRA ELABORACIÓN(2)	2 428	298	12.27
PULPA Y PAPEL	7 902	165	2.09
TABLEROS Y CHAPAS	3 931	2 160	54.95
TOTAL	47 467	8 205	17.29

Fuente: INFORMACIÓN, 1994.

Nota: Las estadísticas de ocupación están actualizadas excepto en la industria de elaboración que corresponde a cifras del censo de 1986.

Cuadro 29

OCUPACIÓN SECTOR FORESTAL POR ACTIVIDAD, Xª REGIÓN, 1993			
ACTIVIDAD	NUMERO DE PERSONAS		
	PAÍS	REGIÓN	%
SILVICULTURA Y EXTRACCIÓN (1)	40 578	2 500	6.16
INDUSTRIA (2)	47 467	8 205	17.29
SERVICIOS (1)	13 964	995	6.84
TOTAL	102 009	11 660	11.43

Fuente: INFOR, 1994.

- (1) Las cifras corresponden a estimaciones de 1993 realizadas en base al censo de ocupación de 1984.
 (2) Las cifras se basan en censos y muestreos estadísticos realizados en 1993 a las industrias de aserrío, tableros, pulpa y papel, astillas y cajones.

Participación del rubro forestal en la economía:

Cuadro 30

EXPORTACIONES FORESTALES Xª REGIÓN POR RUBRO DE PRODUCCIÓN (1985-1993)									
RUBRO DE PRODUCCIÓN	VALOR RETORNO (miles US\$FOB)								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
MADERA ASERRADA	6 342	9 734	12 427	10 714	8 117	10 127	8 848	8 775	6 675
CHAPAS TABLEROS	2 422	1 286	1 821	2 574	1 875	3 579	7 401	8 960	8 721
ASTILLAS	0	0	0	0	0	16 326	40 239	39 677	33 094
OTROS PRODUCTOS	560	1 036	2 451	4 445	10 327	5 897	2 679	4 446	5 148
TOTAL	9 324	12 056	16 699	17 733	20 319	35 929	59 167	61 858	53 638

Fuente: CONAF, 1993.

Nota: El rubro " otros productos" incluye cartulinas, pallets, maderas elaboradas, molduras, partes y piezas para muebles, tejuelas de alerce, coligüe, etc. Este mismo rubro en el año 1989 incluye además astillas.

d) La madera desde el punto de vista de la ecología

Diversos estudios han demostrado que el uso de la madera en la construcción es una contribución a la remoción del anhídrido carbónico (CO_2) de la atmósfera, ya que el crecimiento de una hectárea de bosque almacena 9 ton de carbón atmosférico al año, antes de llegar a su edad madura. Cada m^3 de madera almacena 0.45 ton de carbón atmosférico. El uso de la madera permite dejar "cautivo", el carbón atmosférico; y su mayor demanda, incentivará la plantación de nuevos bosques con su efecto benéfico sobre la atmósfera.

El uso racional y planificado del bosque nativo, a la vez permite la renovación de él, y evitará las emisiones de CO_2 , producidas por su degradación.

Aún el uso energético de la madera genera emisiones de CO_2 , significativamente menores que la combustión de combustibles fósiles tales como el petróleo y sus derivados produciendo estos últimos entre 3.16 y 3.23 k de CO_2/K , y la madera entre 1.38 y 1.85 k de CO_2/k (World Resource Review, vol. 5, N° 4).

Por otro lado, la producción de materiales de construcción tales como el acero y el cemento generan emisiones de CO_2 infinitamente mayores y un consumo de energía mucho mayor en sus procesos de extracción, procesamiento y transporte que la madera. Madera 100 Btu ($\times 10^6$); cemento 800 Btu (10^6); acero 1200 Btu (10^6). (World Resource Review, vol. 5, N° 4).

El otro aspecto importante de considerar es que la madera es el único material de construcción de carácter renovable.

e) Mano de obra y sistemas constructivos

La Región cuenta con una rica tradición de artesanía y construcción en madera, por ser este el material de mayor abundancia, y de uso más corriente en la construcción.

Esta característica tuvo un mayor desarrollo a partir de la colonización alemana a mediados del siglo pasado, con la llegada de artesanos, mueblistas, ebanistas y constructores con técnicas más avanzadas, fue prácticamente la madera el único material empleado en la construcción de viviendas y edificios públicos.

Con el transcurso del tiempo, el mayor desarrollo económico y la facilidad de las comunicaciones, se empezó a reemplazar la construcción en madera tradicional por otros materiales tales como la albañilería de ladrillos de arcilla, el hormigón armado y las construcciones en base a estructuras metálicas, estas últimas sobre todo en las construcciones de tipo industrial. Este cambio se produjo fundamentalmente por los altos costos de mantención que requiere una construcción de madera tradicional y como una forma de proteger las inversiones contra el fuego, ya que la ciudad de Valdivia, por ejemplo, cuenta en su historia por lo menos con dos incendios generales.

Chile es un país de terremotos, la Xª Región, particularmente la ciudad de Valdivia en 1960 sufrió el terremoto de mayor magnitud registrado en la historia del país, grado 10, de la Escala Mercalli, en que aproximadamente colapsó el 90% de las construcciones de albañilería de ladrillos, quedando el resto de ellas, con daños serios de considerar. La mayor parte de los daños se produjo

por el peso de los edificios en relación a la mala calidad de los terrenos en que estaban emplazadas. Las construcciones de madera, por el hecho de ser más livianas y flexibles, resultaron con menos daños que considerar.

En la actualidad con el mayor desarrollo industrial, aparte del sistema constructivo tradicional de madera que presenta problemas en los aspectos de mantención, aislación, preservación y resistencia al fuego de los edificios y en cuanto a limitaciones de altura de ellos, se están desarrollando nuevas técnicas y nuevos materiales a partir de la madera, tales como las estructuras laminadas, placas contrachapadas y placas de partículas con adhesivos fenólicos, que otorgan a la madera características distintas en cuanto a sus dimensiones, mayor resistencia a las solicitaciones de tracción y compresión, mejores índices de aislación térmica y acústica, mayor resistencia al fuego y a los agentes biológicos e impermeabilización y menor peso. A la vez existen nuevos materiales de revestimiento, tales como los estuco elastoméricos que otorgan una mayor protección contra los agentes climáticos a la madera, y necesitan de una menor mantención.

i) Estructuras de madera laminada

- Reseña histórica: La técnica de encolar láminas de madera para su aplicación en estructuras, fue iniciada en Suiza, en el año 1909. Desde ese momento y a medida que la resistencia de los adhesivos aumentaba, las estructuras de madera encolada se han ido transformando en un importante elemento de construcción, especialmente para edificaciones con grandes luces. Actualmente estas estructuras se han hecho muy populares en países altamente desarrollados como; Estados Unidos, Alemania, Canadá, Finlandia, Suecia, etc. y esto debido a las características particularmente favorables que posee la madera laminada. Su extensa gama de aplicaciones que permite la creación de estructuras estéticamente agradables y grandes posibilidades de diseño arquitectónico, transforman a este elemento en una excelente alternativa estructural en la construcción. En Chile, en el año 1964, se realiza la primera construcción de una estructura de madera laminada. Esta fue construida por el INFOR con apoyo de la FAO y se encuentra ubicada en la Universidad del Bío-Bío (Concepción, VIII Región). A partir de esta experiencia, se reconoce en nuestro país un desarrollo relativamente importante en esta área, pero evidentemente debería esperarse un avance superior de un país con una gran riqueza maderera, siendo ésta una de las fuentes más importantes de exportación. Esto se debe principalmente al desconocimiento que existe en nuestro país de esta avanzada técnica.

- Madera laminada encolada (definición y fabricación). Esta técnica consiste en la unión de láminas de madera con diferentes dimensiones, usando adhesivos de alta resistencia, permitiendo la conformación de elementos no limitados en largo, ni escuadrías y que funciona como una sola unidad estructural. En su fabricación la primera etapa es el secado de las tablas, llegando a una humedad exacta de acuerdo con el uso del elemento, ya sea en el interior del edificio o expuesto a la intemperie (la humedad fluctúa entre el 8% a 15%). Luego las tablas se clasifican y se examinan cuidadosamente y posteriormente se cortan a largos modulares, de las cuales se forma una lámina "sin fin" mediante el método Finger-Joint (unión dentada).

Estas láminas se cepillan en las dos caras y se cortan de acuerdo con la dimensión final del elemento, luego comienza el encolado por ambas caras de la lámina existiendo la posibilidad de aplicar varios tipos de adhesivos, entre ellos; Urea formaldehído para elementos resistentes a la humedad moderada, o bien Resorcinol formaldehído para elementos expuestos a la intemperie o sumergidos.

Después del fraguado del adhesivo, se cepilla y se impregna con fungicida, insecticida e ignífugos, que protege la estructura por muchos años.

- Ventajas

- * De fácil secado, llegando con facilidad al contenido de humedad deseado antes de ser usado.
- * Permite diseñar elementos artísticos, en los cuales la sección transversal puede variar con los esfuerzos a que es sometido el elemento.
- * Estéticamente agradable.
- * Recurso renovable.
- * Debido al lento avance de la combustión y a sus grandes dimensiones en la sección transversal, la hacen más resistente al fuego que construcciones de acero (diseñadas para soportar la misma carga).
- * No se afecta ante la humedad y los agentes corrosivos.
- * Los adhesivos de alta resistencia permiten el uso de tablas cortas y angostas lo cual elimina la alta presencia de nudos en el Pino Radiata, aumentando las tensiones admisibles del elemento.
- * Baja razón peso/resistencia, lo cual implica facilidad en la instalación, rapidez en el montaje y de facilidad en el traslado.
- * Requiere menor mantención que otras estructuras.
- * Excelente comportamiento antisísmico.
- * Más económico que las estructuras de acero y hormigón.
- * Permite cubrir grandes luces.

- Normativa. Las Normas que tienen relación con Madera Laminada Encolada, en vigencia son las siguientes:

- * NCH 1198: " Diseño cálculo y ejecución de estructuras en madera".
- * NCH 2148: " Madera Laminada Encolada Estructural- requisitos e inspección".
- * NCH 2149: " Madera-Madera Aserrada- determinación del módulo de elasticidad en flexión- método de ensayo no destructivo".
- * NCH 2150: " Madera Laminada Encolada-clasificación mecánica y visual de madera aserrada de Pino Radiata".
- * NCH 2150: " Madera Laminada Estructural. Vocabulario".
- * NCH 2165: " Madera Laminada Encolada Estructural. Tensiones Admisibles".

La norma NCH 2148, actualmente en vigencia, establece los requisitos mínimos que se deben cumplir en la producción de madera laminada encolada estructural, incluyendo madera, adhesivo, proceso de laminación, tamaños, tolerancia y ensayos, el proceso de control de calidad a desarrollar por el fabricante, las funciones del organismo encargado de la inspección y control de calidad.

El procedimiento de diseño y calculo de elementos de madera laminada está considerado en la NCH 1198 en uno de sus capítulos. La clasificación de la madera aserrada de Pino Radiata destinada a la fabricación de elementos laminados, la establece la norma NCH 2150 la que considera dos métodos de clasificación:

- i) MECÁNICO, basado en la determinación experimental del módulo de elasticidad de cada lámina, cuya norma NCH 2149, regula su procedimiento y
- ii) VISUAL, basado en una inspección ocular de los defectos.

Es necesario mencionar que esta norma establece en forma general, 3 grados de calidad estructural denominados: GRADO A, GRADO B, GRADO C, con valores de resistencia mostrados en el siguiente cuadro:

Cuadro 31

CLASE	MODULO DE ELASTICIDAD DE LA LAMINA - E_f (k/cm ²)
GRADO A	$E_f > 10\ 600$
GRADO B	$10\ 600 > E_f > 9\ 000$
GRADO C	$9\ 000 > E_f > 4\ 000$

Finalmente la norma NCH 2165, establece el procedimiento para determinar las tensiones admisibles que se deben asignar a la Madera Laminada Encolada Estructural según combinaciones (o no) de grados de calidad. Se podrá tener combinaciones simétricas (lo más usual) o asimétricas con dos o tres grados de calidad.

Uniones. Los elementos de unión utilizados en madera laminada son clavos, pernos, conectores y pletinas metálicas. Los clavos se usan en uniones de poca envergadura, tales como uniones de viga de madera laminada a costaneras de madera. Los clavos son del tipo corriente que se expenden en los negocios del ramo. Su cálculo deberá ceñirse a la norma NCH 1198 Of. 77. Las uniones apernadas son las que se realizan con mayor frecuencia. Su uso es prácticamente imprescindible en las uniones de madera laminada. Los pernos a utilizar deberán ser pernos corrientes, que cumplan con las normas NCH 300, NCH 301, NCH 302. Dado el tamaño de la madera laminada, es posible no encontrar pernos de la longitud requerida, debiendo realizarse pedidos especiales a las fábricas respectivas. Al igual que los clavos su cálculo deberá ser realizado de acuerdo con la norma NCH 1198 E Of. 77.

Los conectores son anillos o platillos que quedan empotrados parcialmente en la madera, para transmitir las cargas de uno a otro elemento. Los anillos son para unión de madera-madera (especificados en NCH 1198) y, los platillos son para unión madera-metal llamados " Shear-Plate". Estos se emplean en combinación con pernos de diámetros pequeños.

Los conectores ensanchan el área de aplastamiento del elemento de unión sobre la madera, haciendo factible desarrollar una mayor carga de transmisión entre los elementos unidos. Las pletinas son usadas prácticamente en todas las uniones y se utilizan en conjunto con clavos y/o pernos.

En cuanto a su tamaños y formas, son de una gran variedad, la calidad del metal y dimensiones dependerán de cada caso en particular, y estos quedarán definidos por el cálculo. La colocación de estos elementos se efectúa por los métodos tradicionales. (Fuente: PRODEMA, publicación aparecida en Revista ONDAC de mayo de 1991).

ii) Placas contrachapadas

Las placas contrachapadas para revestimientos, exteriores e interiores, se fabrican en base a pino radiata o a especies nativas, y de distintos espesores, de acuerdo con su uso.

Los contrachapados de uso exterior, se fabrican a partir de un conjunto de láminas de madera, las cuales son encoladas y dispuestas de modo tal, que las fibras de láminas adyacentes queden perpendiculares entre sí, con el fin de otorgar a los tableros una mayor solidez, estabilidad dimensional y resistencia mecánica.

Los contrachapados de tipo exterior se caracterizan por utilizar en su construcción adhesivos de tipo fenólico, los cuales han probado poseer la capacidad para resistir las condiciones más severas de exposición a la intemperie sin sufrir deterioro.

A continuación exponemos algunas de las características enumeradas:

Cuadro 32

Espesor (mm)	PESO DE LOS TABLEROS (k/m ²)	
	Especies Nativas	Pino Radiata
6.0	3.83	-
10.0	6.44	5.17
12.0	7.52	6.01
16.0	9.87	7.89

- Propiedades mecánicas. Dirección de la fibra externa paralela a la solicitación:

Cuadro 33

PROPIEDADES Espesor (mm)	Especies Nativas		Pino Radiata	
	10.0 mm	16.0 mm	10.0 mm	16.0 mm
Resistencia a la compresión	334.0	336.4	359.1	319.2
Resistencia a la tracción	325.4	362.1	242.2	333.3
Resistencia a la flexión	383.3	451.4	518.2	411.7
Módulo de elasticidad a la flexión	54 326.0	54 480.0	75 831.0	47 749.0

Dirección de la fibra externa perpendicular a la solicitación:

Cuadro 34

PROPIEDADES Espesor (mm)	Especies nativas		Pino radiata	
	10.0 mm	16.0 mm	10.0 mm	16.0 mm
Resistencia a la compresión	330.4	251.0	226.1	299.8
Resistencia a la tracción	228.7	279.5	198.4	276.8
Resistencia a la flexión	450.8	400.7	240.3	378.8
Módulo de elasticidad a la flexión	39 003.0	42 171.0	17 435.0	20 595.0

Notas: Se dan valores de resistencia a la ruptura.

- Los valores se expresan en k/cm^2 .
- Se considera que el contrachapado se encuentra en estado seco (Humedad menor que 12%)
- Los Tableros contrachapados se fabrican de acuerdo con la Norma Chilena NCH 789 of 87., y de acuerdo con las Normas Británicas BS 1088 BS 6566.

- Formato de fabricación:

LARGO: 2.44 m
 ANCHO: 1.22 y 1.52 m
 ESPESOR: 6, 10, 12 y 16 mm.

- Aislación térmica:

Coefficiente de conductividad térmica: ($K=0,1 \text{ Kcal m/m}^2 \text{ H } ^\circ\text{C}$).

- Comportamiento al fuego: El contrachapado, al estar constituido de madera, resulta ser un material combustible. Sin embargo, su comportamiento y resistencia al fuego es muy superior en comparación a otros materiales de construcción (los metales pierden resistencia mecánica y sufren grandes deformaciones, el hormigón estalla a alta temperatura, los vidrios explotan, los materiales orgánicos emiten gases tóxicos, etc.).

En el contrachapado, la capacidad aislante del tablero y la protección de las capas carbonizadas, actúan como elemento retardador de las llamas.

De acuerdo con el ensayo de resistencia al fuego, basado en la norma NCH 935/1 Of.84, los tableros contrachapados están clasificados en Clase F 30, duración entre 30 y 59 minutos, ya que el resultado del ensayo fue de 42 minutos.

- Comportamiento a la humedad: Las resinas de fenol formaldehído empleadas en la construcción de los contrachapados de tipo exterior, aseguran la durabilidad de éstos aún bajo condiciones permanentes de exposición a la humedad.

Es necesario mencionar, sin embargo, que los contrachapados fabricados a partir de especies nativas poseen un mejor comportamiento a la humedad que aquellos elaborados a partir de Pino Radiata. Lo anterior obedece básicamente a la gran durabilidad de la madera que los constituye. Por esta razón, es recomendable añadir a estos últimos algún tipo de preservante que asegure su impermeabilidad frente a condiciones de severa exposición. (Fuente de información: INFODEMA, VALDIVIA).