

MANUAL DE DISEÑO PARA ARQUITECTOS
DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO ®

AZA
Acero Sostenible®

JOISTEC



MANUAL DE DISEÑO PARA ARQUITECTOS
DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO®

JOISTEC

AZA
Acero Sostenible®

MANUAL DE DISEÑO PARA ARQUITECTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Manual de Diseño para Arquitectos
del Sistema Constructivo JOISTEC®
Primera Edición 2015, diseño con acero Grado A270ES de la Norma NCh203 Of.2006.

Autor:
Francis Pfenniger Bobsien

Editor:
Carlos Rondon S.M.

No está permitida la reproducción total o parcial de este documento,
ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o
por cualquier medio, ya sea electrónico, fotocopia, registro u otros
medios, sin la aprobación y por escrito de Aceros AZA S.A.

JOISTEC® es una marca registrada de Aceros AZA S.A. en las Clases 06, 19, 37 y 43,
con solicitudes N° 991.748, N° 1.013.748, N° 1.013.752 y N° 1.013.754 respectivamente.

Diseño y Producción Gráfica:
CASENAVE Y ASOCIADOS

Fotografías:
Archivos AZA
Patrimonio Fotográfico USACH

Impresión:
M y M Servicios Gráficos S.A.

Derechos Reservados (C) por Aceros AZA S.A.
La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile.

Copyright (C) MMXV, por Aceros AZA S.A.

1ª Edición: 1.000 ejemplares, octubre de 2015

Impreso en Chile - Printed in Chile

Nuestros agradecimientos a la señora Rosa Vera, Decana de Ciencias de la Pontificia
Universidad Católica de Valparaíso y a la Asociación Chilena de Corrosión, ACHCORR,
quienes nos han permitido incluir un extracto del Mapa de Corrosión Ambiental de Chile,
estudio desarrollado de acuerdo al proyecto CORFO INNOVA 09CN14-5879, que
adjuntamos en los anexos de este Manual.

JOISTEC®

CAPÍTULO 1	9	CAPÍTULO 4	79		
INFORMACIÓN GENERAL	9	ESTUDIO DE UN ANTEPROYECTO			
1.1 Proceso de Fabricación		CON EL SISTEMA JOISTEC®	79		
del Acero AZA	10	4.1 Introducción	80		
1.2 Laminación en Caliente de los		4.2 Requerimientos del Proyecto	80		
Ángulos Estructurales AZA	15	4.3 Terreno y Emplazamiento	81		
1.3 Control de Calidad y		4.4 Modulaciones Preliminares	82		
Certificación de los Ángulos		4.5 <i>Layout</i> y Modulación Final	83		
Estructurales AZA	16	4.6 Consideraciones de Diseño	84		
1.4 Embalaje de los Ángulos		4.7 Variables Críticas	98		
Estructurales AZA	17				
1.5 Características y Propiedades		CAPÍTULO 5	113		
de los Ángulos Estructurales		PROYECTO ESTRUCTURAL	113		
AZA	17	5.1 Introducción	114		
1.6 El Acero como Material		5.2 Esfuerzos Solicitantes y			
Sustentable en la Construcción	20	Resistentes	115		
		5.3 Formas y Elementos que			
CAPÍTULO 2	27	componen las <i>Joistec®</i> y <i>Girder</i>	115		
EL ACERO COMO MATERIAL DE LA		5.4 Pre Dimensionamiento de			
ARQUITECTURA	27	Estructuras con el Sistema			
2.1 Introducción	28	Constructivo JOISTEC®	118		
2.2 Breves Antecedentes Históricos	29	5.5 Casos Especiales de Diseño	125		
2.3 La Arquitectura Industrial y las		5.6 Detalles Constructivos	129		
Grandes Luces en Acero	35				
2.4 La Arquitectura en Acero en		CAPÍTULO 6	137		
Chile	36	EJECUCIÓN	137		
2.5 Los Orígenes del Steel Joist	44	6.1 Fabricación	138	ANEXOS	179
		6.2 Transporte	139	A.1 Análisis Ciclo de Vida	180
CAPÍTULO 3	49	6.3 Aperche	140	A.2 Contribución Créditos LEED®	
EL SISTEMA JOISTEC®	49	6.4 Montaje	141	del Sistema Constructivo	
3.1 Descripción	50	6.5 Recomendaciones de		JOISTEC® de AZA	182
3.2 Unión Crimped	52	Seguridad	145	A.3 Ensayos de Verificación del	
3.3 <i>Joistec®</i>	52	6.6 Mantenimiento	145	Diseño Estructural Sistema	
3.4 <i>Girder</i>	54			Constructivo JOISTEC® de AZA	
3.5 Puntales o Bridging	55	CAPÍTULO 7	149	A.4 INFORME Variable Crítica	184
3.6 Luces y Modulaciones	56	OBRAS EJECUTADAS EN CHILE	149	Resistencia al Fuego del	
3.7 Cargas de Diseño	59			Sistema Constructivo	
3.8 Cubiertas	70			JOISTEC® de AZA	
3.9 Entrepisos	71			A.5 Extracto Mapa General de	189
3.10 Cerramientos	73			Corrosión Atmosférica en Chile	
3.11 Protección Contra el Fuego	74			A.6 Factores de Conversión de	190
3.12 Protección Contra la Corrosión	74			Unidades	
3.13 Estructuras Mixtas	75			A.7 Términos y Definiciones	194
3.14 Ventajas	77				196

Presentación

AZA, como parte de su compromiso de promover nuevas aplicaciones y un mayor uso del acero en la industria y la construcción, se complace en presentar a la comunidad de profesionales de la arquitectura, esta primera edición del Manual de Diseño para Arquitectos del Sistema Constructivo JOISTEC®, cuyo autor es el arquitecto y académico señor Francis Pfenniger Bobsien.

El Sistema Constructivo JOISTEC®, se concibe como una solución especialmente formulada para los requerimientos de proyectos de grandes superficies desprovistas de apoyos verticales intermedios y es un sistema conformado principalmente por dos elementos estructurales de alma abierta: las vigas maestras o *Girder* y las *Joistec*® propiamente tales para uso como costaneras en estructuras de techumbre y vigas de entrepiso. Entre ambos elementos, en su serie estándar se pueden lograr paños libres de apoyos de hasta 24 m x 26 m y, para el caso de proyectos especiales que así lo requieran, luces y cargas de diseño mayores. Se trata de un sistema constructivo abierto y muy liviano que permite múltiples aplicaciones y uso, que se coordina y combina muy bien con diferentes estructuras.

Todos los antecedentes técnicos de este Manual corresponden al resultado de los ensayos de validación del Sistema Constructivo JOISTEC® realizado con perfiles ángulo estructurales laminados en caliente fabricados por AZA. Por lo tanto, todas las características, propiedades y las aplicaciones descritas en este Manual no son aplicables a perfiles provenientes de otro origen, ya que no son directamente homologables.



El presente Manual se divide en siete capítulos, donde en el **CAPÍTULO 1** se aborda cuestiones generales relativas a los procesos de fabricación del acero y de los perfiles de AZA así como algunos conceptos de interés como los aportes al país en materia de sustentabilidad que hacen los productos fabricados por AZA. En el **CAPÍTULO 2** se hace una breve presentación y reseña histórica del acero como material de la arquitectura, destacando algunas obras realizadas desde comienzos del siglo XIX. En el **CAPÍTULO 3** se hace una presentación detallada del Sistema Constructivo JOISTEC® que incluye la descripción de los elementos que lo conforman y consideraciones de interés como modulaciones, cargas de diseño y sistemas de protección. La información contenida en este capítulo está especialmente orientada a atender las preguntas principales que los arquitectos se puedan plantear respecto de la conveniencia de uso de este Sistema Constructivo de AZA.

En el **CAPÍTULO 4** se hace un ejercicio de reflexión sobre un anteproyecto de arquitectura con el Sistema Constructivo JOISTEC® y algunas variables críticas que deberán ser contempladas en el diseño y en el **CAPÍTULO 5** se abordan las consideraciones del Proyecto de Estructuras.

El **CAPÍTULO 6** se refiere a la ejecución y se tocan algunos aspectos importantes del proceso de fabricación, transporte, montaje y mantenimiento del producto y finalmente en el **CAPÍTULO 7** se muestran y comentan algunos proyectos ejecutados recientemente en Chile con el Sistema Constructivo JOISTEC® - o con soluciones homologables - que ilustran y dan cuenta de la versatilidad de este sistema. La publicación se complementa con un conjunto de **ANEXOS** que incluyen documentos y certificaciones de interés.

Esperamos que este Manual sea un aporte valioso para todos los profesionales vinculados con la arquitectura y el diseño de obras en acero, a quienes damos nuestro agradecimiento ante cualquier observación o comentario que sirva para enriquecer el producto JOISTEC® y este documento en futuras ediciones.



PATIO DE CHATARRA ▶
PLANTA COLINA, AZA

The background of the page is a photograph of a car body, likely a light blue or silver model, in a scrapyard. The car is heavily damaged and is being processed by a large industrial machine with a yellow hydraulic arm. The scene is filled with various metal parts, wires, and debris, suggesting a recycling or dismantling process. The lighting is bright, and the colors are somewhat muted due to the industrial setting.

CAPÍTULO

1

INFORMACIÓN
GENERAL

1.1

Proceso de Fabricación del Acero AZA

En AZA S.A., el proceso de fabricación del acero se inicia con la selección, procesamiento y corte de trozos de acero en desuso, la chatarra, que es la materia prima básica. Otros elementos que también son empleados en la fabricación, son las ferroaleaciones, oxígeno, cal y fundentes, entre otros.

En primer lugar, la materia prima se carga en cestas, en proporciones adecuadas para satisfacer las especificaciones del proceso de fabricación del acero, las que son trasladadas a la Acería para alimentar el horno de arco eléctrico. Toda la carga es fundida en un horno

de 60 toneladas de capacidad, mediante la aplicación de un arco eléctrico que desarrolla una potencia de 45.000KVA. Una vez terminado el proceso de fusión, en donde toda la carga pasa del estado sólido al estado líquido, momento en el cual alcanza una altísima temperatura (por sobre los 1.600°C), el acero es trasladado a un Horno de Cuchara donde se procederá a tomar muestras de acero, para realizar el análisis de espectrometría, con el propósito de conocer su composición química. Durante toda la etapa de fusión, se inyectan al horno importantes cantidades de oxígeno para extraer y remover las impurezas y cumplir así con los estándares de calidad preestablecidos.



Vista aérea Planta Colina AZA, acería y laminación barras para hormigón

Figura 1.1

Líneas de colada continua de acería, Planta Colina AZA



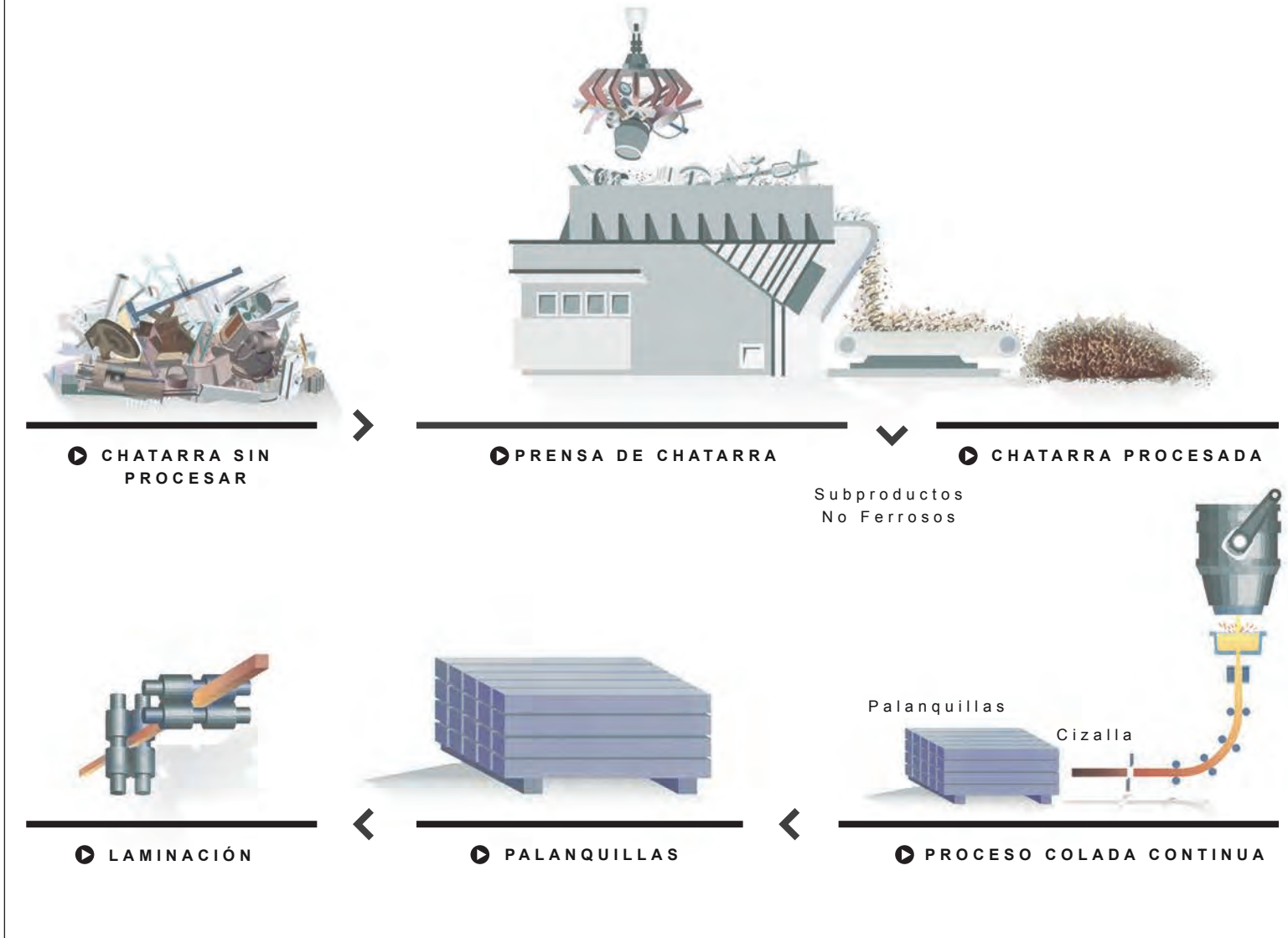


Palanquillas
de 130x130mm de sección



Figura 1.2

Esquema proceso de fabricación del acero AZA



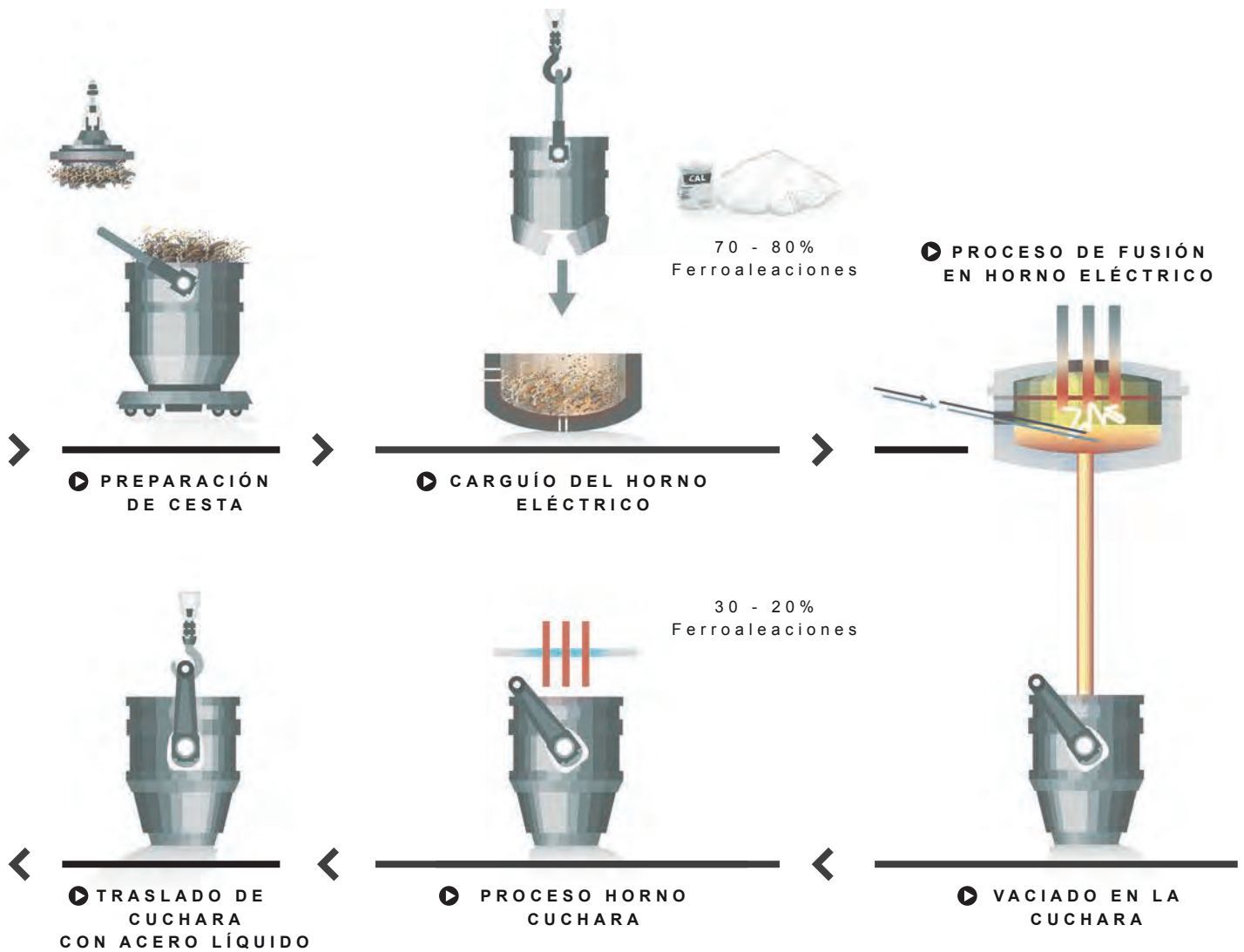
Luego de conocido el informe sobre la composición química, se realizan las correcciones necesarias mediante el proceso de afino, lo que permite obtener la composición y purezas deseadas. De esta forma, la calidad o grado del acero estructural AZA se obtiene a partir de un cuidadoso control de la composición y mediante la adición de ferroaleaciones, como ferromanganeso y ferrosilicio, aprovechando la mayor afinidad química de estos elementos, para formar entre otros, óxidos y sulfuros que pasan en mayor cantidad a la escoria.

Cuando el acero líquido cumple con las especificaciones requeridas, tanto de composición química como de

temperatura, éste es trasladado en la cuchara hasta la máquina de colada continua, donde se realizará el colado del acero.

Obtenido el acero en su estado líquido, éste debe solidificarse en forma conveniente para la utilización posterior en los trenes de laminación, lo cual se hace mediante un equipo de colada continua, en el que se aplica un proceso distinto del convencional, para transformar el acero líquido en un producto semiterminado, llamado palanquilla, que son barras macizas de 130 x 130mm de sección.

El acero líquido que se encuentra en la cuchara de



colada, es transferido a una artesa o distribuidor, desde donde pasa a las vías de colada.

Desde el distribuidor, el acero cae dentro de tres lingoteras de cobre sin fondo, de doble pared y refrigeradas por agua, donde se inicia la solidificación del acero, con la formación de una delgada cáscara superficial endurecida, que contiene aún su núcleo de metal en estado líquido.

Para ayudar a acelerar la formación y engrosamiento de dicha cáscara, las lingoteras tienen un movimiento de oscilación vertical que, además, impide su adherencia a las paredes del molde y permite su transporte

hacia el mecanismo extractor.

Después de dejar las lingoteras, el acero superficialmente sólido es tomado por juegos de rodillos refrigerados con chorros de agua a alta presión, solidificándose completamente. Ya convertido en palanquilla, es cortado automáticamente a la longitud deseada, mediante cizallas.

Las palanquillas son inspeccionadas visualmente para detectar eventuales defectos superficiales o de forma. Después de aprobadas, las palanquillas son separadas por coladas, identificadas y almacenadas para la operación siguiente: la laminación en caliente.

El laminador continuo de la Planta Renca de AZA tiene una capacidad de **100.000 toneladas** anuales y permite asegurar las propiedades mecánicas de los perfiles con gran precisión.



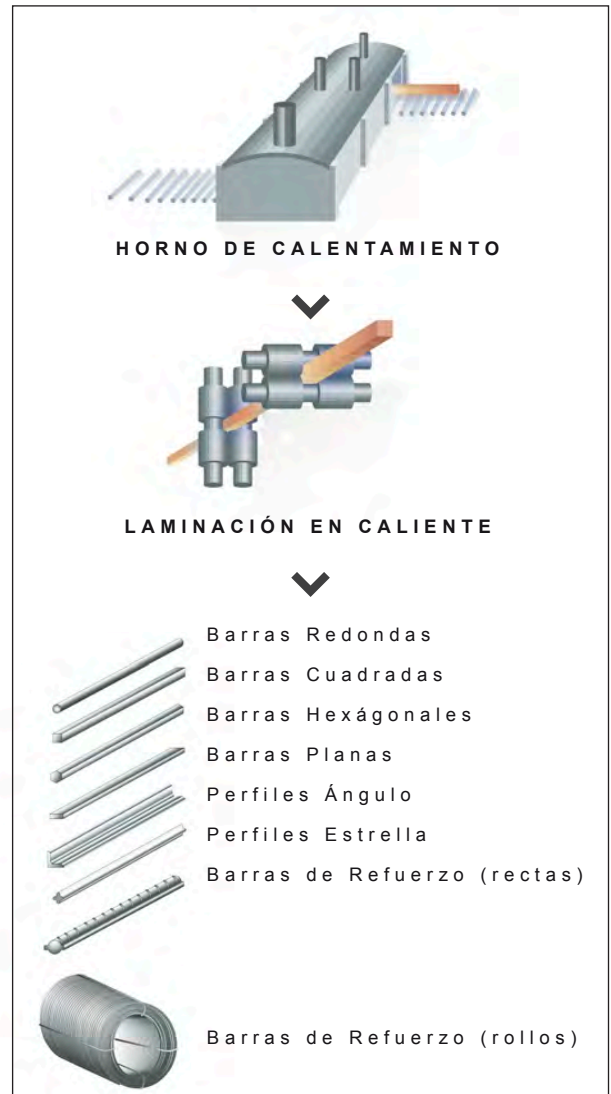
1.2

Laminación en Caliente de los Ángulos Estructurales AZA

La laminación de los ángulos laminados de alas iguales que se aplican en el Sistema JOISTEC® es un proceso de transformación termo mecánico que permite dar la geometría deseada a los perfiles. Se realiza calentando las palanquillas a temperaturas de 1.200°C para pasarlas sucesivamente por un tren de laminación en que se va reduciendo su sección (y, consecuentemente, aumentando su longitud) hasta lograr la forma y espesor final del perfil deseado. El laminador continuo de la Planta Renca de AZA tiene una capacidad de 100.000 toneladas anuales y permite asegurar las propiedades mecánicas de los perfiles con gran precisión. Al final del tren de laminación son llevados a un lecho de enfriamiento, enderezados en frío, cortados, empaquetados y etiquetados.

Figura 1.3

Esquema proceso de laminación



Sala de laminación
Planta Renca AZA



Vista aérea Planta Renca AZA,
laminación de perfiles

1.3

Control de Calidad y Certificación de los Ángulos Estructurales AZA

En AZA, todos los sistemas de gestión están certificados bajo las Normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, desde la selección de la chatarra, la fabricación y composición del acero líquido, el proceso de laminación en caliente hasta el control dimensional.

FIGURA 1.4

Informe de ensayos mecánicos de IDIEM



Laboratorio de ensayos mecánicos de IDIEM, en AZA

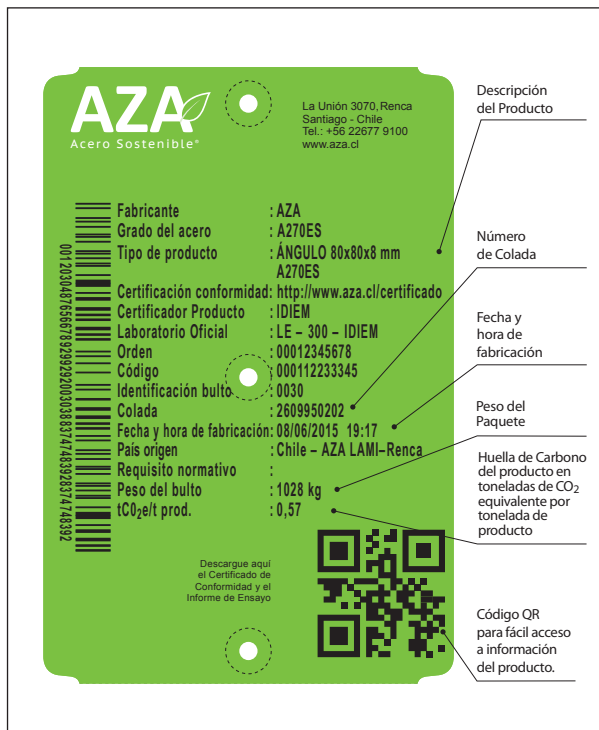
La certificación de calidad de las partidas de ángulos cumple estrictamente con la Norma NCh203.Of2006 que establece los requisitos que deben cumplir los aceros destinados al uso estructural. El control de calidad y la toma de muestras son realizados por inspectores calificados y los ensayos son realizados por el Instituto de Investigaciones y Ensayo de Materiales de la Universidad de Chile (IDIEM). Algunos de los ensayos que se realizan a los perfiles son mediciones de sus propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, tensión de fluencia, alargamiento y doblado. Una vez obtenidos los resultados que aseguran el cumplimiento de la NCh203.Of2006 se certifican las partidas, lo que permite el uso y aplicación de los perfiles laminados de AZA en construcciones estructurales.

1.4

Embalaje de los Ángulos Estructurales AZA

Los ángulos estructurales AZA se entregan en paquetes de 1.000 y 3.000kg, enzunchados y con una etiqueta que permite su identificación y la trazabilidad total del producto.

Figura 1.5
Etiqueta de identificación Ángulos Estructurales AZA



1.5

Características y Propiedades de los Ángulos Estructurales AZA

El ángulo que se usa en el Sistema Constructivo JOISTEC® es un ángulo laminado en caliente de aristas o alas iguales que forman un ángulo de 90° entre sí, tienen una arista exterior aguda (casi de canto vivo) y un ángulo o arista interior redondeada al igual que los extremos interiores de las alas. Las tolerancias dimensionales de los perfiles laminados de AZA cumplen ampliamente con lo dispuesto en la Norma NCh697.Of74.

Figura 1.6
Identificación y dimensiones de los Ángulos Estructurales AZA

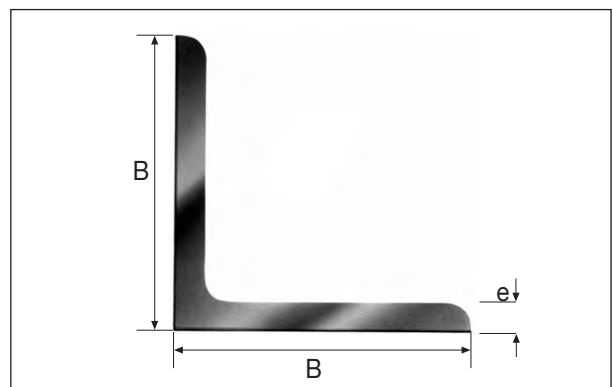


Tabla 1.1

Tolerancias Normales de la Serie de Ángulos Estructurales AZA

Norma Chilena NCh697.Of74 y ASTM A6M/2001

B x B mm	Tolerancias Admisibles en el espesor del acero en las alas mm							En el ancho del ala H ó B mm	Diferencia entre alas mm
	3	4	5	6	8	10	12		
20 x 20	± 0,50							± 1,20	± 2,40
25 x 25			± 0,50						
30 x 30			± 0,75						
40 x 40	± 0,60		± 0,75					± 1,80	± 3,60
50 x 50									
65 x 65			± 1,10						
80 x 80				± 1,10		± 1,40		± 2,30	± 4,60
100 x 100				± 1,30		± 1,60			

Las propiedades mecánicas de los ángulos laminados en caliente AZA son las siguientes:

Tabla 1.2

Propiedades Mecánicas Mínimas de los Ángulos Estructurales AZA

Grado del Acero (1)	Resistencia a la Tracción F_u		Tensión de Fluencia (2) F_y		Alargamiento %		
	MPa	kgf/cm ²	MPa	kgf/cm ²	e ≤ 5	5 < e ≤ 16	e > 16
	A270ES	410 - 510	4.100 - 5.100	270	2.700	22	20

(1) La Norma Chilena NCh203.Of2006: Acero para uso estructural. Son requisitos adicionales de esta Norma el cumplir con un ensayo de doblado practicado sobre una probeta estandarizada, además de cumplir exigencias en la composición química para asegurar su soldabilidad.

(2) Válido para probetas de 50 mm entre marcas. Para espesores o diámetros sobre 16 mm y menores a 50 mm, estos valores deben disminuirse en 2%; para espesores o diámetros menores o iguales a 5 mm, deben aumentarse en 2%.

Según la Norma Chilena NCh203.Of2006, en la designación del grado estructural del acero, se entiende que:

A significa que se trata de acero al carbono

270 (o lo que corresponda) indica la tensión de fluencia mínima por tracción expresada en MPa

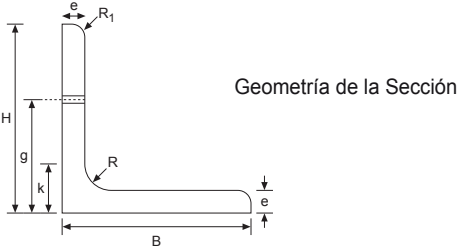
E indica que se trata de acero para usos estructural, y

S significa que es acero de soldabilidad garantizada

Los ángulos laminados en caliente que fabrica AZA en Chile se elaboran en su planta de Renca y van desde dimensiones 20 x 20 x 3mm hasta 80 x 80 x 12mm. Todos ellos fabricados en acero AZA A270ES.

Los ángulos laminados en caliente 100 x 100mm, son importados de calidad estructural ASTM A36 y se fabrican por el Grupo AZA de acuerdo a lo especificado por la Norma norteamericana ASTM A36/A36M vigente.

Tabla 1.3
Geometría de la Sección de la Serie de Ángulos Estructurales AZA



Geometría de la Sección

Designación	Dimensiones					Gramil	Perno	Perímetro	Superficie**	Masividad***
L H x Peso cm x kgf/m	B mm	e mm	k mm	R mm	R1 mm	g mm	dmáx pulg	P cm	S m2/m	M m-1
L 10 x 17,8	100	12	24	12	6	55	7/8	39,0	0,390	172
x 15,0	100	10	22	12	6	55	7/8	39,0	0,390	204
x 12,2	100	8	20	12	6	55	7/8	39,0	0,390	251
x 9,26	100	6	18	12	6	55	7/8	39,0	0,390	331
L 8 x 14,0	80	12	22	10	5	45	7/8	31,1	0,311	174
x 11,9	80	10	20	10	5	45	7/8	31,1	0,311	206
x 9,63	80	8	18	10	5	45	7/8	31,1	0,311	254
x 7,34	80	6	16	10	5	45	7/8	31,1	0,311	333
L 6,5 x 9,49	65	10	19	9	4,5	35	3/4	25,2	0,252	208
x 7,73	65	8	17	9	4,5	35	3/4	25,2	0,252	256
x 5,91	65	6	15	9	4,5	35	3/4	25,2	0,252	335
x 4,97	65	5	14	9	4,5	35	3/4	25,2	0,252	398
L 5 x 4,47	50	6	13	7	3,5	30	5/8	19,4	0,194	341
x 3,77	50	5	12	7	3,5	30	5/8	19,4	0,194	404
x 3,06	50	4	11	7	3,5	30	5/8	19,4	0,194	498
x 2,34	50	3	10	7	3	30	5/8	19,4	0,194	655
L 4 x 3,52	40	6	12	6	3	*	*	15,5	0,155	346
x 2,97	40	5	11	6	3	*	*	15,5	0,155	409
x 2,42	40	4	10	6	3	*	*	15,5	0,155	503
x 1,84	40	3	9	6	3	*	*	15,5	0,155	660
L 3 x 2,18	30	5	10	5	2,5	*	*	11,6	0,116	418
x 1,36	30	3	8	5	2,5	*	*	11,6	0,116	668
L 2,5 x 1,78	25	5	9	4	2	*	*	9,66	0,0966	426
x 1,12	25	3	7	4	2	*	*	9,66	0,0966	677
L 2 x 0,879	20	3	6,5	3,5	2	*	*	7,68	0,0768	686

Notas
 1) * Se recomienda soldar
 2) ** Superficie para cálculo de la pintura
 3) *** Masividad del Perfil según Norma NCh935/1 con sus 4 lados expuestas al fuego

Algunos ángulos de esta serie son los que constituyen el Sistema Constructivo JOISTEC® desarrollado por AZA, cuyo detalle se explica en el Capítulo 3 del presente Manual.

En síntesis, el acero usado por AZA para la fabricación de los perfiles laminados en caliente del Sistema Constructivo

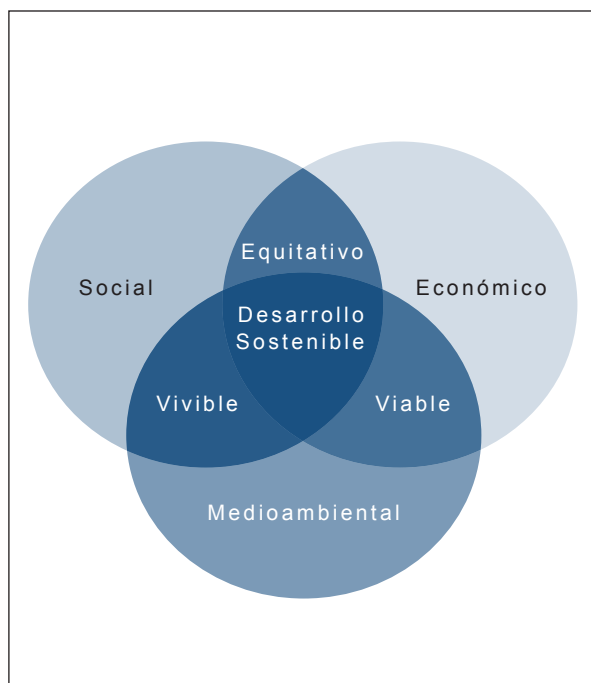
JOISTEC® asegura y garantiza plenamente el cumplimiento de las disposiciones normativas chilenas y permite a los proyectistas trabajar con total garantía de calidad y seguridad del comportamiento esperado de las estructuras de las más diversas tipologías de proyectos en que pueden ser aplicados.

1.6

El Acero como Material Sustentable en la Construcción

La sustentabilidad es un concepto que se ha incorporado crecientemente en la preocupación de la sociedad, de las autoridades y de todos los actores sociales. Tiene diversas acepciones pero su origen, posiblemente, se pueda atribuir al concepto elaborado por la Comisión Brundtland de Naciones Unidas en el año 1987 que definió el desarrollo sostenible como aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas propias."

Involucra tres ámbitos o ejes principales (Social, Medio Ambiente y Economía) y sugiere, de la interacción entre ellos, áreas específicas de preocupación que proponen acciones que aseguren el logro de una sociedad y actividad sustentables. El conocido gráfico que se presenta a continuación expresa este enfoque.



Hoy está bastante reconocido que la actividad de la construcción, considerando el análisis del ciclo de vida completo (en términos de extracción de materias primas, elaboración de materiales de construcción, transporte, construcción, uso y operación y disposición final) es responsable del uso de aproximadamente el 50% de las materias primas que se extraen en la tierra anualmente,

de la demanda de cerca de 45% de la energía anual del planeta y responsable de la emisión anual de aproximadamente el 45% del CO₂ equivalente. Esto nos hace responsables, como actores del sector construcción, de hacer nuestros mejores esfuerzos para mejorar estos índices.

En términos generales, para abordar la sustentabilidad en el sector construcción se acude a seis ámbitos en los que se puede actuar y aspirar a tener resultados. Ellos son:

- ▶ **EFICIENCIA ENERGÉTICA:** cuyo objetivo es el diseño de edificios que minimicen el uso de energías convencionales en su operación (en iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) para lo cual puede recurrir a estrategias activas o pasivas.
- acidificación del suelo, eutrofización del agua, contaminación atmosférica, contaminación del suelo y del agua por metales pesados y pesticidas, consumo de energía y producción de residuos sólidos. Reforzar los principios de las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar.
- ▶ **HABITABILIDAD:** que consiste en generar las mejores condiciones de confort en los edificios para beneficio de la salud, el bienestar y la productividad de las personas (el confort es una sensación, por lo que varía de persona a persona y aún de cultura a cultura, pero según ASHRAE¹, las condiciones de comodidad generalmente aceptadas son: Temperatura del aire entre 18°C y 24°C; Humedad relativa entre 40% y 70%; Movimiento del aire menor a 1 m/s; Temperatura radiante interior cercana a la del aire $\pm 3^\circ\text{C}$; Ventilación adecuada; Nivel de ruido menor a 45dB al interior de los edificios y una Iluminación adecuada dependiendo de la actividad).
- ▶ **USO Y OPERACIÓN DE LOS EDIFICIOS:** la evaluación de los proyectos incluye la retroalimentación desde la obra habitada. Un diseño integrado que aspira a lograr altos estándares de habitabilidad y de eficiencia energética incluye el ciclo de vida completo del edificio y se nutre de la evaluación post operación.
- ▶ **MATERIALES:** privilegiar el uso de materiales de bajo impacto ambiental analizados en su ciclo de vida (ACV) suelen considerar variables como efecto invernadero, ozono,
- ▶ **USO Y MANEJO DEL AGUA:** el agua dulce es un recurso crecientemente escaso y su manejo sustentable debe propender a un uso eficiente, a la reutilización y a su tratamiento de forma de evitar su contaminación y devolverla al medio ambiente en forma benigna.
- ▶ **USO Y MANEJO DE RESIDUOS:** los residuos de la construcción tienen un significativo impacto medio ambiental. La estrategia de reducir, reutilizar y reciclar es aplicable desde el diseño hasta la operación de los edificios.

Todos estos ámbitos representan áreas de trabajo sensibles en las que la industria extractora y productora, el transporte, el diseño integrado y la gestión de los

proyectos ofrecen múltiples posibilidades de hacer aportes significativos a la sustentabilidad del sector construcción y del planeta en su conjunto.

¹ ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers – Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado.

En lo concerniente al acero como material, éste tiene importantes atributos que ofrecer en materia de sustentabilidad. Entre ellos:

- ▶ **Es 100% e indefinidamente reciclable por lo que su ciclo de vida es “de la cuna a la cuna”.**
- ▶ **ALTO PORCENTAJE DE RECICLADO:** tanto en la industria siderúrgica de las acerías de hornos eléctricos – como la planta de AZA en Colina, donde el porcentaje de reciclado del acero es cercano al 95% – como en los aceros producidos en la industria siderúrgica integrada (a partir de mineral de hierro) se incluye un porcentaje de acero reciclado que varía desde un mínimo de 15% hasta el 95%.
- ▶ **ALTA TASA DE RECUPERACIÓN:** el acero se puede recuperar de la construcción en altos porcentajes (cerca al 98%).
- ▶ **REUTILIZACIÓN:** las estructuras de acero no sólo son reciclables, también pueden ser reutilizadas integralmente, por ejemplo como una columna, viga, escalera, etc.
- ▶ **ALTA RELACIÓN MASA-RESISTENCIA:** el acero es de los materiales de construcción que tiene la mejor relación masa-resistencia, lo que significa que con menor cantidad de material se logran mejores prestaciones estructurales. Esto, llevado a todas las variables comentadas arriba, tiene un efecto multiplicador muy interesante.

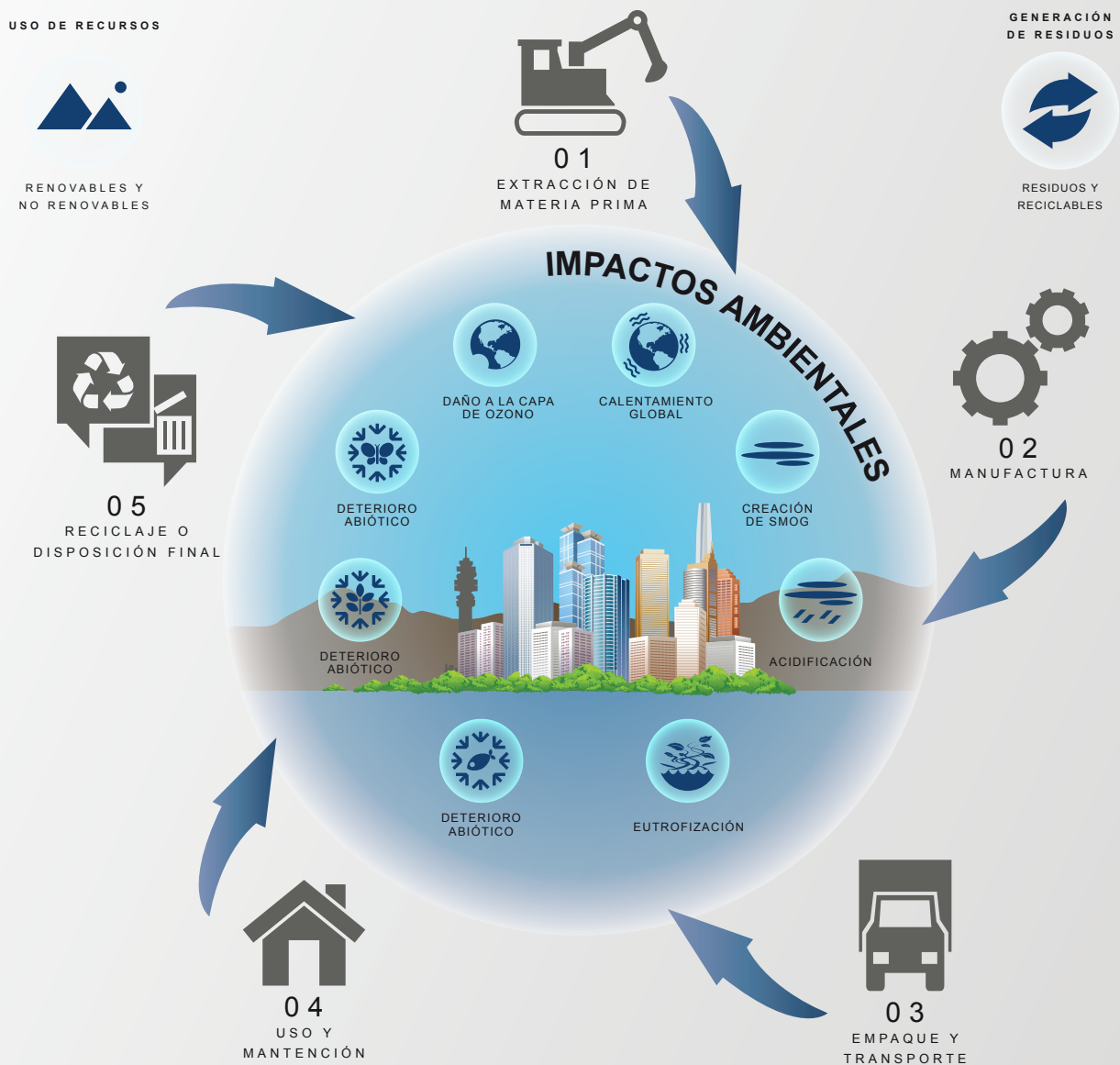
En este ámbito, AZA ha sido pionera en Chile: es la primera industria chilena del acero en medir su huella de carbono; ha desarrollado iniciativas que le han permitido reducir en más de 30mil ton de CO₂ sus emisiones el

2013; gracias a la participación de sus propios colaboradores y en el marco de una metodología llamada GSP (Grupos de Solución de Problemas) en gestión energética ha logrado reducir en un 8% el consumo total por tonelada de acero producida; hace una gestión eficiente del agua reutilizando el 99% del agua consumida y participa en múltiples iniciativas y compromisos relacionados con la comunidad y el país. Todo ello se puede revisar en detalle en el Informe de RSE que se encuentra disponible en: <http://www.AZA.cl/sostenibilidad/reportes-de-sostenibilidad>, (Código QR).

Sin embargo, la preocupación de AZA en esta materia ha avanzado en otras iniciativas. Es la primera empresa que realiza el Análisis de Ciclo de Vida completo de sus productos (ACV) y publica sus resultados, todo en conformidad a las Normas ISO 14040:2006 y 14044:2006. Este estudio se refiere a:

- ▶ **Consumo de Energías No Renovables:** Petróleo crudo, carbón mineral, gas natural, uranio y otras.
- ▶ **Consumo de Energías Renovables:**
 - ▶ Hidráulica, solar, eólica, de biomasa, geotérmica, mareomotriz y otras.
- ▶ **Consumo de Agua.**
- ▶ **Potencial de Calentamiento Global.**
- ▶ **Degradación de la Capa Ozono.**
- ▶ **Creación de Ozono Fotoquímico** (gas tóxico que se produce luego de la interacción con la luz solar en la atmósfera).
- ▶ **Degradación de Recursos Abióticos:** Suelo, agua y atmósfera.
- ▶ **Potencial de Acidificación** (generación de condiciones para precipitaciones ácidas).
- ▶ **Potencial de Eutrofización** (generación excesiva de nutrientes en las aguas que produce un desbalance en los ecosistemas).
- ▶ **Generación de Material de Desecho.**
- ▶ **Generación de Residuos Peligrosos.**
- ▶ **Generación de Residuos Radioactivos.**
- ▶ **Generación de Bienes Acumulables.**

Impactos ambientales de un producto en sus distintas etapas del ciclo de vida





Fotografía: Guy Werborne

El resultado de este análisis de ciclo de vida (ACV) se sintetiza en la forma de Declaración Ambiental de Productos (DAP) cuyo formato resumido se presenta en los Anexos. Se trata de las fichas de USO –DAP–001.B.2013 para acero A630-420H de barras de refuerzo de hormigón y la ficha de USO-DAP–002.B.2013 para perfiles de acero A270ES laminados en caliente, como son los utilizados en el Sistema Constructivo JOISTEC®.

Por otra parte, AZA participa del Chile Green Building Council que promueve, entre otras iniciativas, la certificación LEED®, de amplio reconocimiento en el mercado mundial y también en Chile. Al usar productos AZA en los proyectos, se pueden obtener puntos en los siguientes créditos:

- ▶ **CR 3.0 – Compra Sustentable**
- ▶ **CR 4.0 – Contenido de Reciclado + CR 1.0 Innovación en Diseño**
- ▶ **CR 5.0 – Materiales Regionales + CR 1.0 Innovación en Diseño**



Edificio Transoceánica
Proyecto de arquitectura: +arquitectos
Certificación LEED® Categoría Gold
Construido con acero reciclado AZA

Mayor información sobre la contribución de créditos LEED® del Sistema Constructivo JOISTEC® está disponible en los Anexos de este Manual para su consulta.

Como se ve, AZA ha sido líder en materia de iniciativas para mejorar la sustentabilidad de sus productos en general y el Sistema Constructivo JOISTEC® que presentamos en este Manual se suma con importantes beneficios a este esfuerzo.

Entre otros, cabe destacar el bajo peso de las estructuras del Sistema Constructivo JOISTEC®, su eficiencia en términos de reducir los requerimientos de apoyos, el uso de acero reciclado, su larga vida útil y la reutilización y/o posterior reciclado. Son sólo algunas de las ventajas que ofrece el Sistema Constructivo JOISTEC® en materia de sustentabilidad.



MUSEO DE BELLAS ARTES ▶

1913



CAPÍTULO

2

EL ACERO COMO MATERIAL
DE LA ARQUITECTURA

2.1

Introducción

Proyectar y construir en acero tiene múltiples y conocidas ventajas, pese a lo cual su uso no se ha masificado a todos los sectores de la construcción en Chile. Aún así, como lo pone en evidencia el libro *Arquitectura y Acero* (Borgheresi, Pfenniger, ICHA 2001) y la primera muestra de *Arquitectura en Acero ICHA 2013*, se han construido destacadas obras en acero que aumentan en cantidad y en la diversidad de sus propuestas arquitectónicas y estructurales.

En edificios de uso industrial, de bodegas y de naves de servicios de grandes luces, el uso del acero en las estructuras ha tenido una participación de mercado muy importante, según se desprende de las estadísticas y de la simple observación. En este ámbito, también se han construido grandes ejemplos de arquitectura en acero que han sido pioneras y líderes en la arquitectura en Chile, poniéndola en un sitial relevante en el continente y en el mundo entero. Los desafíos que estos edificios han representado para la arquitectura y la ingeniería, han impulsado el perfeccionamiento y el conocimiento de ingenieros y arquitectos los que, en conjunto con una industria que se viene desarrollando progresivamente en el país desde mediados del siglo XX, han hecho posible este estado del arte.

La capacidad creativa de los diseñadores y el empuje y capacidad de producción de la siderurgia y de la industria transformadora del acero han ido en constante evolución y progreso, regalando destacados edificios a la ciudad y el territorio nacional.

En general, para abordar los proyectos se dispone de una paleta relativamente amplia de perfiles estructurales que incluyen toda la gama de perfiles conformados en frío, la

línea de perfiles laminados de producción nacional o importada, algunos sistemas de edificios pre dimensionados y, finalmente, las soluciones de fabricación, armado y montaje que ofrecen las maestranzas y talleres de transformación del acero. En estas últimas se concentra gran parte de los proyectos especiales y las soluciones que escapan a las posibilidades de los productos de línea. Su capacidad de producción y la tecnología incorporada en sus procesos ha mejorado sustancialmente en los últimos años, incluyendo desde sistemas automatizados y de control numérico, integrados a un proceso Cad-Cam, hasta procesos de corte y soldadura de alta precisión y productividad, los que han permitido a las maestranzas enfrentar proyectos complejos con gran eficiencia.

2.2

Breves Antecedentes Históricos

Es sabido que el hierro - material principal del acero - se encuentra en forma abundante en la corteza terrestre, principalmente en forma de óxidos. Probablemente por esta misma razón, su explotación y el desarrollo de su industria fue más tardía que la metalurgia de otros metales que se encuentran en estado de mayor pureza (como el oro o la plata). Aún así, hay evidencia de su uso en menor escala en la prehistoria, siendo una pieza cuya elaboración está datada 4.000 años aC, la más conocida hasta la fecha. Su uso más intensivo en la fabricación de armas, herramientas y ruedas se produce en Egipto hacia el año 1.200 aC. Posteriormente griegos y romanos explotaron los yacimientos en la cuenca del mediterráneo destinando la producción de hierro principalmente a los requerimientos de la guerra y el transporte.

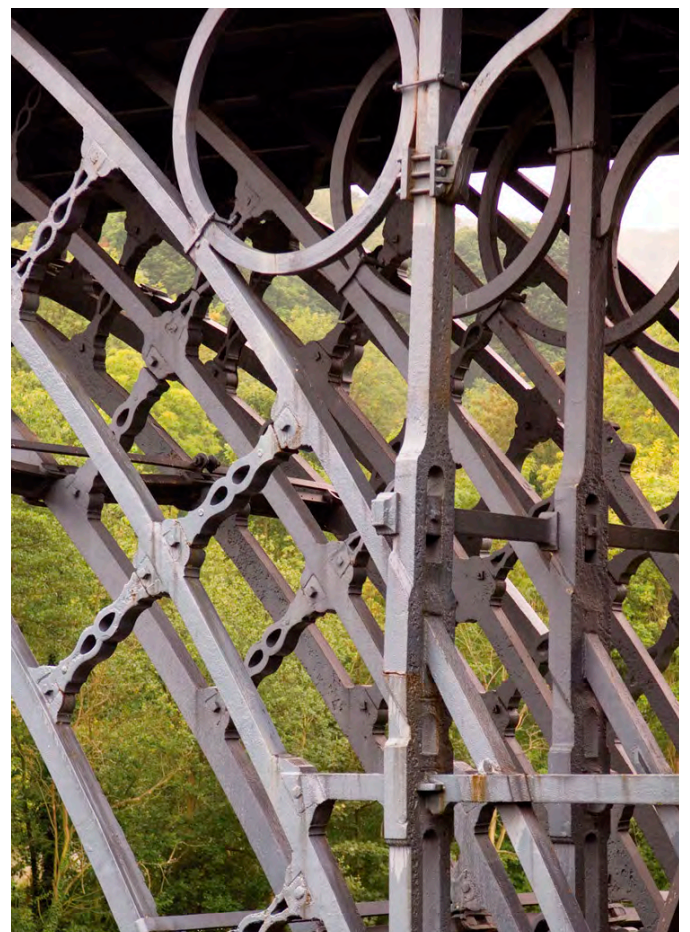
Después de la caída del Imperio Romano, la explotación los yacimientos a profundidades mayores, progresivamente más costosa y difícil, reduce la producción y limita la fabricación en hierro a elementos artesanales. Recién en el siglo XV se logra la licuefacción del hierro en Alemania, el hierro fundido. El proceso Blister en Suecia (principios del s. XVII), la forja Catalana y el tenaz acero alemán Hartz (a fines del s. XVII), dan cuenta de una industria siderúrgica que parece prepararse para un gran cambio.

Durante el siglo XVIII aparecen importantes mejoras tecnológicas en la producción de acero (carbón coke,

proceso Blister y Pudding) que se hace parte fundamental de la llamada Revolución Industrial. En opinión de muchos, esta revolución no habría sido posible sin el desarrollo de la industria del hierro y del acero.

El hierro fundido se usa gracias a su resistencia a la compresión, pero su poca capacidad de tomar esfuerzos de flexión y tracción limita su aplicación en elementos estructurales mayores. Por otra parte, el hierro fundido y el hierro forjado no son soldables, lo que hace complejas las conexiones. Pese a ello, progresivamente comienza a sustituir elementos sometidos a compresión como columnas y arcos.

Hacia 1775 se construye en Inglaterra el puente Coalbrookdale sobre el río Severn, obra de A. Darby reconocida como la primera estructura construida principalmente en hierro fundido. Es el primero de muchos ejemplos de la construcción de puentes, terreno fértil para que la ingeniería diese respuesta al desarrollo del ferrocarril y a las demandas de conectividad. Chile no es ajeno a este acontecer: la gran columna vertebral ferroviaria del país se construye sobre la base de puentes de hierro y le debemos reconocer un aporte importante en la unificación del territorio nacional.



Detalle
Estructura Puente Coalbrookdale Inglaterra,
A. Darby 1775





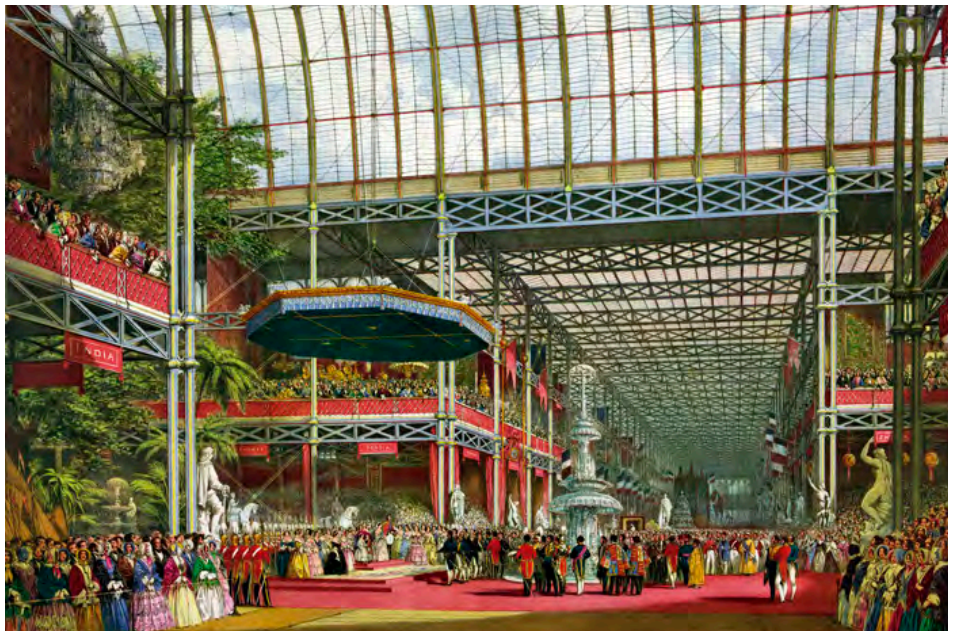
Puente Coalbrookdale



Biblioteca Nacional de París,
H. Labrouste 1868



**Cristal Palace Londres,
J. Paxton 1851**



**Chocolaterie Menier,
Saulnier 1871**



Poco a poco el hierro es utilizado en construcciones y estructuras mayores, en parte bajo el impulso de su incombustibilidad, que lo hace atractivo para reemplazar estructuras de madera. Así, la Cúpula de la Bolsa de Comercio de París, inicialmente estructurada en madera, es reemplazada por una estructura de hierro después de que un incendio la consumiera completamente.

Proyectos como el Home Insurance Building de W. le Baron Jenney (1885), el Reliance Building de Holabird & Root (1890-95) o el Guaranty Building de L. Sullivan (1894) son sólo algunos ejemplos de este período fértil de la arquitectura e ingeniería de Norteamérica que, poco a poco, instala nuevos conceptos y un nuevo lenguaje en la arquitectura: los rascacielos y las ventanas amplias que abarcan todo el vacío entre los elementos portantes de la

estructura (los Bay y Bow Windows). Son, en parte, precursores de lo que observamos en la arquitectura contemporánea.

En gran medida este desarrollo vertiginoso es posible gracias al acero presente en las más diversas actividades cotidianas e industriales. A partir de principios del siglo XX en diferentes frentes y tipologías de proyectos, el acero inicia también su propia evolución y una participación creciente en la arquitectura y construcción en el mundo. No es posible ser riguroso y justo en una selección de obras que den cuenta de este proceso, especialmente porque los ejemplos se van multiplicando exponencialmente. Parte de la obra reciente en acero así como algunas de las referencias históricas se pueden visitar en el sitio www.arquitecturaenacero.org sitio informativo y de difusión patrocinado por ALACERO.

La construcción en acero se ha desarrollado en los últimos 200 años basada principalmente en su carácter de función, como un material estructural que permite resolver algunas de las complejas cuestiones que la ingeniería y la arquitectura le proponen a partir de sus innegables atributos: su mejor relación masa-resistencia, la soldabilidad, ductilidad, flexibilidad y otros tantos que sintetizan la libertad de diseño que el acero ofrece tanto a arquitectos e ingenieros como a maestranzas y/o constructores.

En la evolución de esta arquitectura han aparecido conceptos nuevos como transparencia, esbeltez y precisión así como también alcances nuevos, como el de la modernidad o el de la universalidad. En lo material nuevas alturas, grandes luces, industria. La arquitectura

de la modernidad descubre en el acero un material que es adecuado, funcional y especialmente expresivo a sus demandas. La arquitectura en acero se hace parte del léxico de la arquitectura moderna y, en distintas formas y diferentes intensidades, se integra al diálogo ciudadano y urbano con propiedad y hasta con un lenguaje propio: es lo que algunos han llamado la estética del acero.

Hoy esta arquitectura ha logrado el ensamblaje entre función y expresión, la articulación entre el diseño, la industria que lo atiende y la obra que finalmente lo materializa: una práctica bien asentada en fundamentos sólidos y creíbles. En este desarrollo no está en absoluto ausente la evolución de los sistemas de diseño y producción asistida por computador, la cadena Cad-Cam.



Planta de Turbinas AEG,
P. Behrens

2.3

La Arquitectura Industrial y las Grandes Luces en Acero

Así, tanto en las construcciones industriales como otros edificios de una planta como hangares, estaciones de ferrocarril o pabellones de exposiciones, el acero ha impulsado un desarrollo progresivo y creciente hacia niveles de libertad cada vez mayores en cuanto a mayores luces, mayores alturas y una gran diversidad de revestimientos y complementos. Aún cuando no es este el espacio para hacer una síntesis del desarrollo de la arquitectura industrial, no quisiéramos dejar de mencionar a algunos arquitectos que juegan un rol importante en la investigación proyectual de las potencialidades estructurales, funcionales y formales del acero en el siglo XX.

En Estados Unidos de Norteamérica, Albert Kahn se convierte en uno de los arquitectos importantes de la industria. Cercano colaborador de Henry Ford, es autor de varios de sus proyectos industriales y responsable de una aproximación 'racional' a la arquitectura industrial.

La primera fábrica en que se produjo el modelo Ford T era un edificio de varios pisos de hormigón armado, en que la ya famosa línea de producción se desarrollaba desde arriba hacia abajo. El esquema, que adoptaba una distancia entre pilares en un módulo próximo a los 6,0m creció hasta un distanciamiento de 9,0m, considerado muy grande en la época, se reprodujo en varios proyectos estructurados en hormigón armado. A mediados de los años 20 esta idea fue adaptada por Matte Trucco en la Fábrica Fiat de Lingotto que producía en el sentido inverso, culminando con el armado en los pisos superiores por lo que instaló una gran pista de pruebas en la cubierta. Los vehículos luego eran bajados al nivel

de piso a través de una monumental rampa en espiral.

Con el tiempo Ford abandona el concepto de la fábrica en varios pisos y se inclina por el desarrollo de grandes naves de un piso. Este giro conceptual es acompañado por Kahn, incursionando así en las naves de grandes luces estructuradas en acero. Su cercanía a la industria de Detroit le valió proyectar más de 2.000 plantas industriales entre 1900 y 1940 en distintas partes de los Estados Unidos. También incursiona en la industria aeronáutica y logra, en 1937, con el hangar de Baltimore, una superficie libre de 91 por 46 metros, recurriendo a los conceptos utilizados en la construcción de puentes de acero para conformar las vigas maestras, logrando una superficie libre de apoyos sin igual a esa fecha. Aún hoy, la firma creada por Kahn en 1895 sigue activa bajo el mismo nombre que le diera su fundador.

Un ejemplo interesante de mencionar es el trabajo de Ezra Ehrenkrantz en los años 60, que diseña para la School Construction Systems Development, un sistema de construcción industrializada y prefabricada de escuelas que, en la práctica, propone un espacio isotrópico y flexible independiente de las condiciones del clima local mediante el uso indiscriminado del clima artificial instalando ductos con avances horizontales libres en el espesor de una estructura muy ligera. Minimizando los apoyos, racionalizando los sistemas de envigados y aún plegando pares de losas de entrepiso, se puede mencionar a este sistema como un precursor del sistema Steel Joist que comentamos en este Manual.

En Francia, marcado por la historia y las guerras del siglo XX, Jean Prouvé aparece como un investigador e innovador relevante en el uso del acero tanto en el diseño de objetos y muebles como en sus aportes a la arquitectura residencial e industrial. Emprendedor incansable, industrial él mismo, de sus talleres surgieron varias patentes y edificios que le valieron, finalmente el reconocimiento de sus pares.

Muchos otros arquitectos han desarrollado investigaciones y proyectos relevantes en el ámbito de la arquitectura y construcción industrial y de bodegas, pero hemos querido representar en los tres mencionados el esfuerzo persistente y creativo de tantos imposibles de citar aquí.

2.4

La Arquitectura en Acero en Chile

En Chile, desde el siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, toda la construcción en acero se hizo a partir de perfiles, elementos y hasta estructuras completamente importadas debido a la carencia de una industria siderúrgica local importante. Durante el siglo XIX las construcciones en acero estuvieron asociadas al desarrollo de la red ferroviaria del país, especialmente a la construcción de puentes. En 1850 se inaugura el puente sobre el río Maipo y en 1875, el puente sobre el río Malleco, convocando un esfuerzo gigantesco por

cubrir los innumerables cauces intermedios del tramo.

A las obras civiles se agregan pocos, pero muchas veces destacados, proyectos de edificios. Algunos son íntegramente importados, incluyendo su diseño, como los Talleres de Fundición y Mecánica de la Escuela de Artes y Oficios EAO (1860), las iglesias de San Marcos de Arica (1875) y la de Caldera, o el pabellón de Chile en la exposición de 1892 en París, hoy instalado a un costado de la Quinta Normal que alberga al Museo Artequín.

Archivo Patrimonial U. de Santiago



Taller de Fundición EAO, 1900

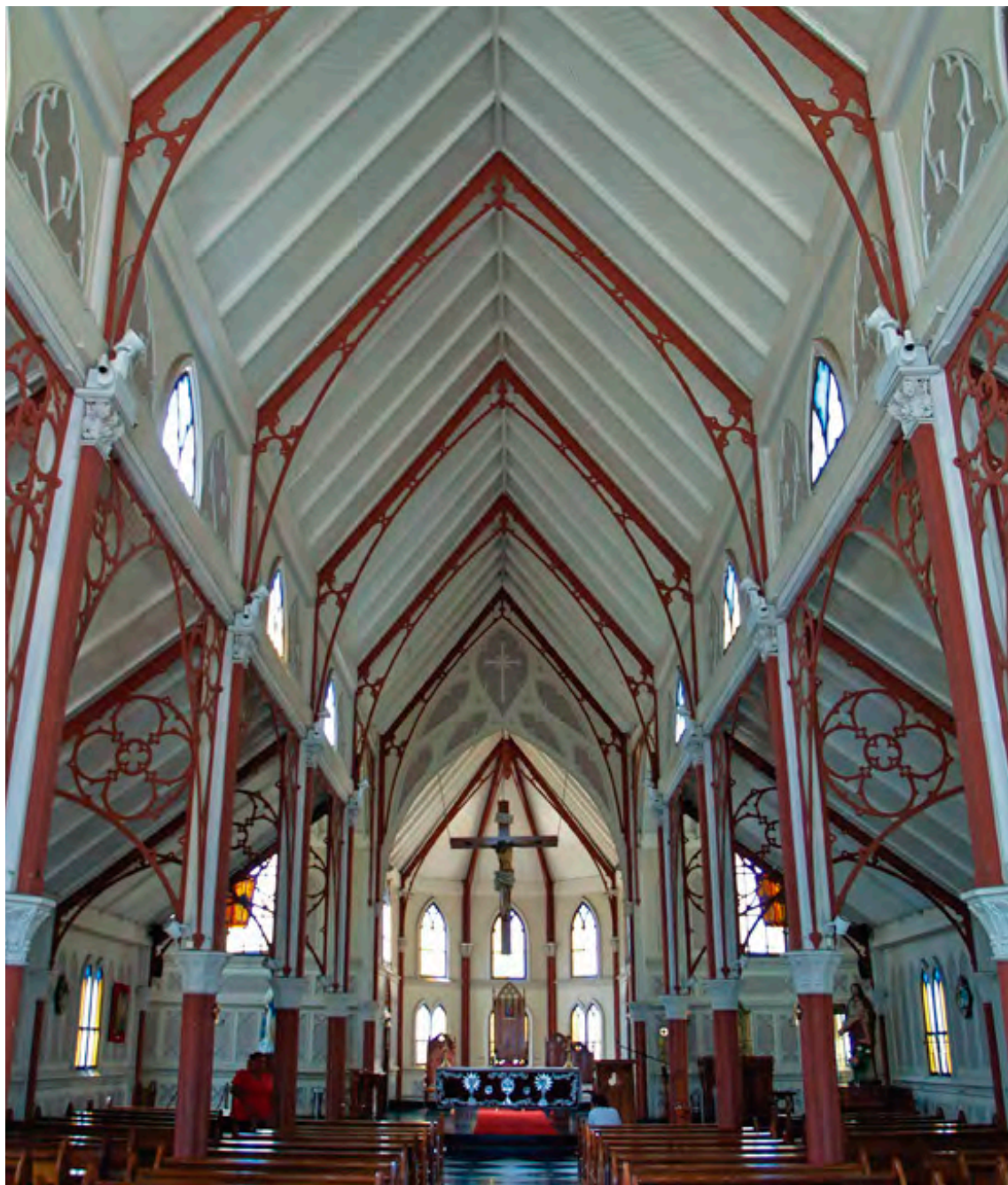


Museo Artequín

Archivo Patrimonial U. de Santiago



Taller de Mecánica EAO, 1900

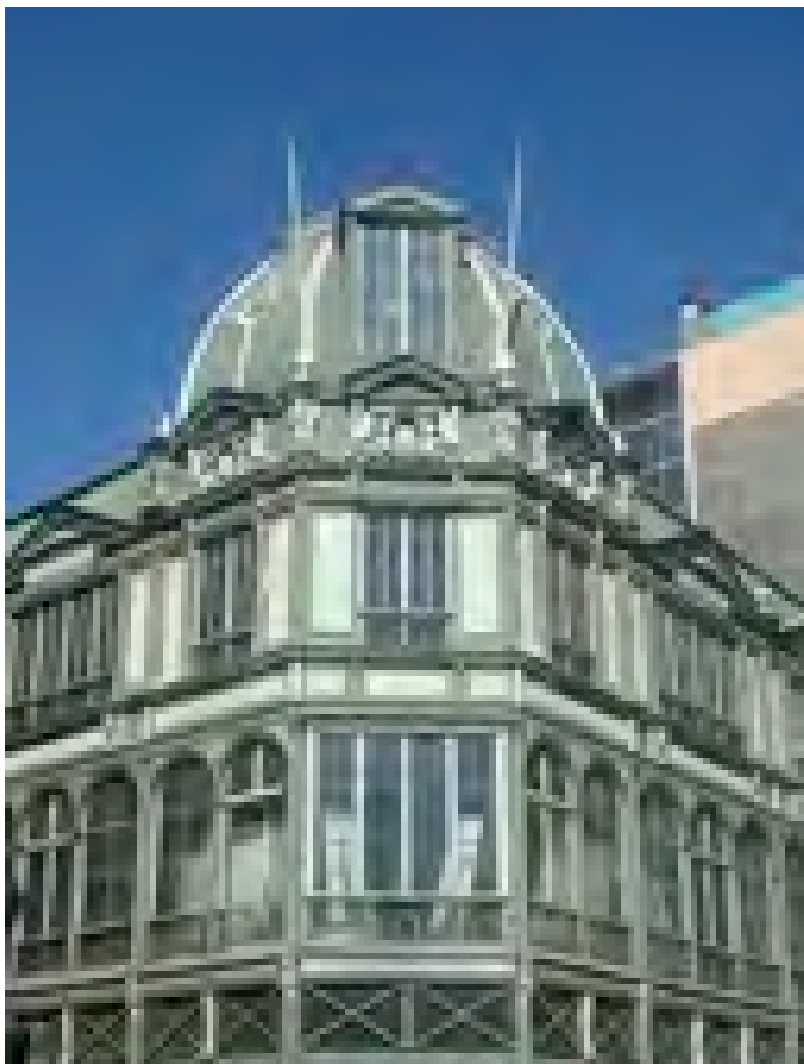


Iglesia San Marcos
de Arica, 1875



Mercado Central,
Manuel Aldunate 1868





**Edificio Comercial Edwards,
Eugenio Joannon 1892**

Otras son obras de arquitectos chilenos o extranjeros avocados en Chile, aunque los edificios son enteramente prefabricados en Europa y trasladados y montados en Chile. Muchos de estos edificios están plenamente operativos hoy día, como el Mercado Central (1868), de Carlos Aldunate en cuyo montaje participa Fermín Vivaceta, el primer arquitecto titulado en la Universidad de Chile que es, a su vez, la primera escuela de Arquitectura de Chile.

Otro muy buen ejemplo, hoy en día aún en pleno uso en el corazón de Santiago, es el edificio Comercial Edwards (1892), de Eugenio Joannon, que se levanta en la esquina sur-oriente de Compañía con Estado.

Hasta inicios del siglo XX Chile no contó con una industria siderúrgica importante, pese al descubrimiento de yacimientos de hierro en las actuales tercera y cuarta regiones y a los esfuerzos desplegados por el sector privado con el apoyo del Estado. El proyecto de los Altos Hornos de Corral, iniciado en 1906 e inaugurado en 1910, sólo estuvo operativo pocos meses, afectado por consideraciones económicas y técnicas.

Por una parte se comenta que la tecnología basada en el uso de madera verde como combustible no resultó eficiente; por otra parte el mineral de El Tofo asociado a este proyecto fue arrendado a la Siderúrgica Norteamericana Bethlehem Steel, lo que privó al país de contar con minerales que permitieran impulsar el desarrollo de la industria. Los Altos Hornos de Corral, reacondicionados para usar carbón vegetal en reemplazo del fallido sistema Proudhomme y de un intento de reconvertirla a energía eléctrica, también fallido, reinician su producción en 1933. En medio de las limitaciones del período de entreguerras, se estimula el desarrollo de acerías menores que se instalan principalmente en Santiago, fundiendo acero en procesos de reciclaje de chatarra mediante energía eléctrica disponible a bajo costo, lo que hace difícil la competencia para el proyecto de Corral.

Pese a la carencia de una industria importante, parte de la demanda interna de acero era suplida por las acerías que se comentan, entre ellas Lamifun, Sidetec, Sidetel (Talca) y otras. La Planta Huachipato de la Compañía de Acero del Pacífico (CAP) creada por la CORFO en la década de los 40s fue inaugurada en 1950 y Siderúrgica AZA inicia a sus actividades en 1953 en su planta de Renca, misma planta en que, posteriormente bajo la administración de AZA, se fabrican los perfiles laminados que forman parte del Sistema Constructivo JOISTEC®.

**Museo de Bellas Artes,
E. Jecquier 1913**

Así, la primera mitad del siglo XX, especialmente en el período de la celebración del centenario de la República, la construcción de edificios emblemáticos en acero sigue el curso trazado en el siglo XIX. Se hace mediante el montaje de edificios y obras civiles diseñadas y fabricadas en Europa, obras diseñadas en Chile pero fabricadas en Europa o proyectos diseñados y construidos en Chile con el uso de perfiles importados. El Museo de Bellas Artes (1913) y la Estación Mapocho (1913) en Santiago, ambas de Emilio Jecquier son parte de este legado del acero al paisaje cultural y construido de Chile.

También la construcción industrial en acero tiene importantes precedentes del período: el Mercado Cardonal y la fábrica Hucke en Valparaíso, hoy Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Valparaíso, son un buen ejemplo de ello.

Hacia mediados del siglo XX se inicia la producción siderúrgica a mayor escala en Chile, lo que abre el espacio a la instalación de empresas de transformación, conformación y laminación del acero. A partir de entonces, la arquitectura y la ingeniería nacional disponen de un material que se presenta en variedad creciente de perfiles y planchas que le permiten explorar nuevas aplicaciones y usos. Hay proyectos señeros y notables en dicho período, entre lo que no podemos dejar de mencionar la casa Valdés, de Cristián Valdés (Premio Nacional de Arquitectura 2008), J.P. Langlois y J.A. Prado.







Archivo Patrimonial U. de Santiago

Edificio Casa Central
Universidad Técnica del Estado, 1962

Un campo especialmente productivo se abre en la arquitectura educacional a partir de la década de 1960. La Reforma Educacional impulsada por el Estado y la consolidación de proyectos de educación emblemáticos dan pie a la construcción de una importante arquitectura en acero. Se construyen los edificios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción (E. Duhart) y las instalaciones de la Universidad Técnica del Estado (Bresciani, Valdés, Castillo Huidobro, Arquitectos).

La investigación y producción de la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos aborda el desarrollo de una tipología prefabricada en estructuras de acero altamente racionalizadas y simplificadas que responden extraordinariamente a las exigencias de alta productividad de la construcción del período y se expresan en una inmensa cantidad de escuelas y liceos construidos a lo largo del país. Aunque ha sido criticada precisamente por la aplicación de un prototipo de racionalización extrema y su repetición en distintas

latitudes del territorio nacional, hay en ese esfuerzo mucho que destacar y aprender: la prefabricación seca a partir de elementos repetitivos, diseñados y fabricados especialmente para dicho objetivo, es un ejemplo de industrialización hecho mucho antes del advenimiento de los procesos de diseño y fabricación Cad-Cam con los que contamos en el presente. Hoy sabemos que la racionalización de la estructura o de un Sistema Constructivo, no necesariamente debe conducir a un diseño repetitivo. Con el concepto de una prefabricación abierta y de componentes, con el abanico amplio de ofertas de elementos complementarios de muy fácil acceso y conocimiento a través de las tecnologías de la información y, ciertamente, con la capacidad instalada de la industria de vincular directamente la etapa de diseño con la de la fabricación y montaje, existe la posibilidad de dar una respuesta diversificada y adecuada a cada caso sin sacrificar los atributos de una fabricación racionalizada y/o en serie. El Sistema Constructivo JOISTEC® se sitúa, precisamente en esa lógica.

En la arquitectura industrial de este primer período, lo que más se desarrolla es la construcción de naves industriales bastante simples a partir de marcos tri articulados que resuelven, a distinta escala y con diferentes módulos, luces y distanciamientos, las demandas de la industria de pequeña, mediana y gran escala. El acero, aquí, da respuesta a los requerimientos del mercado con lo mejor de sus atributos y con el estado del arte del momento.

Hacia fines de la década de los años 70 se produce un cambio relevante en la arquitectura industrial chilena. El período de exploración inicial y de la construcción estrictamente funcional ha terminado y la industria entiende que el edificio que alberga sus instalaciones tiene un rol de comunicación que se agrega a su cometido industrial. El edificio industrial es concebido como parte de la imagen corporativa y se integra a la relación de la empresa con la sociedad y la ciudad. Con ello se abre un espacio muy interesante para la arquitectura industrial en que arquitectos como Guillermo Hevia, Alberto Montealegre, Juan Sabbagh y muchos otros exploran nuevos límites.

En años recientes, esta exploración ha avanzado hasta incorporar conceptos de diseño de eficiencia energética en los proyectos industriales, entre los que destacan proyectos pioneros de G. Hevia y Asociados. Sin

embargo, en todos estos proyectos industriales siempre ha estado presente la búsqueda de la mayor eficiencia en el aprovechamiento del espacio cubierto, o sea lograr la mayor flexibilidad de uso posible a partir de soluciones estructurales que permitan salvar grandes luces con, en lo posible, la menor cantidad de apoyos posible.

Precisamente en este segmento se vuelve especialmente atractivo el Sistema Constructivo JOISTEC® desarrollado por AZA que se ha integrado al mercado recién en 2012. Como veremos más adelante, este sistema permite cubrir grandes espacios, sobre 600m², con apoyos sólo en los vértices de naves de hasta 24m x 26m y, a solicitud del cliente, se han desarrollado soluciones aún mayores.

Una de las características del Sistema JOISTEC® es que ofrece esta atractiva prestación estructural en beneficio de la libertad de diseño del arquitecto. En este sentido, debemos entender que el Sistema Constructivo JOISTEC®, aunque tiene ciertas reglas y normas que le son propios, no impone una solución estructural si no que propone una alternativa económica y eficiente para cubrir grandes espacios. La evaluación y decisión final corresponderá a los arquitectos en función de las características y los requerimientos específicos de cada proyecto y de cada emplazamiento y lugar.



Fábrica Huckle en Valparaíso,
hoy Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Valparaíso

2.5

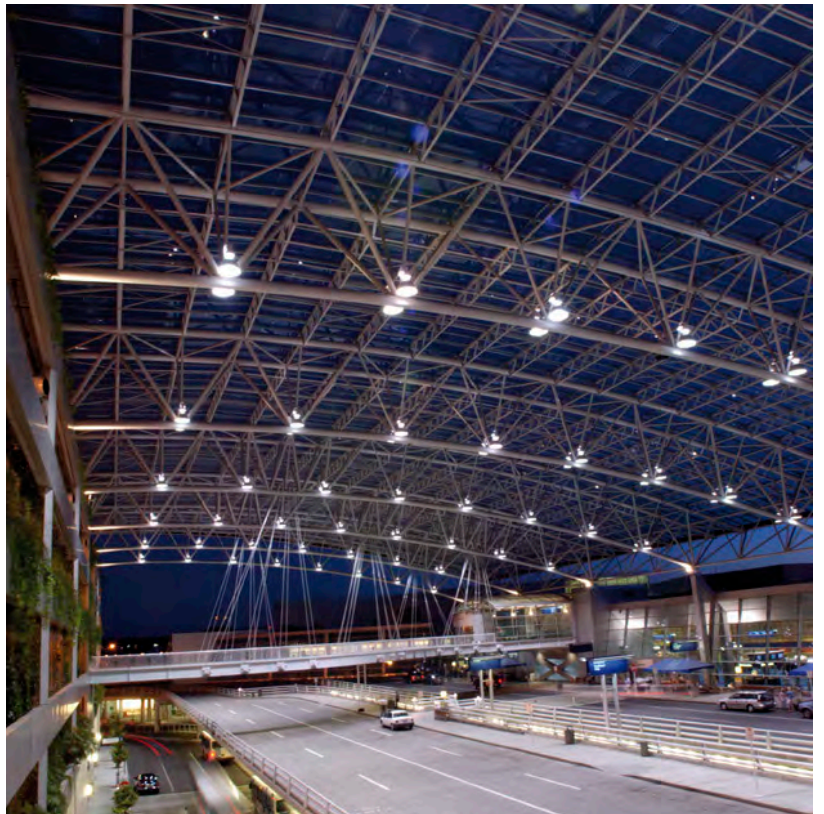
Los Orígenes del Steel Joist

Según se informa en la Revista Técnica del Steel Joist Institute, *“La primera aplicación conocida de construcción con Steel Joist fue el Edificio del Banco del Estado de Nueva York, construido en 1855 en la calle Williams y Exchange Place, en la ciudad de Nueva York. El arquitecto James Renwick desarrolló un tipo de Joist de entrepiso compuesto por dos planchas de hierro forjado de 1/16 pulgadas como alma con planchas superiores e inferiores de 4x1/8 pulgadas remachadas al alma, para así formar la Joist. La construcción fue arrasada en 1903”*.

Desde fines del siglo XIX y hasta 1920 se patentaron diversos diseños de Joist, todas de alma llena como la del edificio del Banco del Estado de Nueva York. La primera Steel Joist de alma abierta (Masillon Bar Joist) estaba conformada por dos barras superiores y dos barras inferiores, conectadas por una barra doblada que conformaba el alma. El conjunto se ensamblaba con soldadura al arco en los puntos de encuentro conformando una cercha tipo Warren.

El Steel Joist Institute (SJI) fue creado en 1928 con el propósito de estandarizar los métodos de diseño y detalles de construcción, promover regulaciones apropiadas al correcto uso de las Joist y hacer difusión, aprobándose la Especificación Estándar de Steel Joist en diciembre de ese año. El primer Catálogo del SJI (Steel Joist Institute) se publicó en enero de 1932 bajo el título de **“Steel Joist Construction - A Handbook for Architects and Engineers on the Uses and Properties of Steel Joists”**.

En los años 50 se introdujo la soldadura de acero semi-automática con gas de protección y un electrodo de



Aeropuerto de Portland,
Oregon - USA



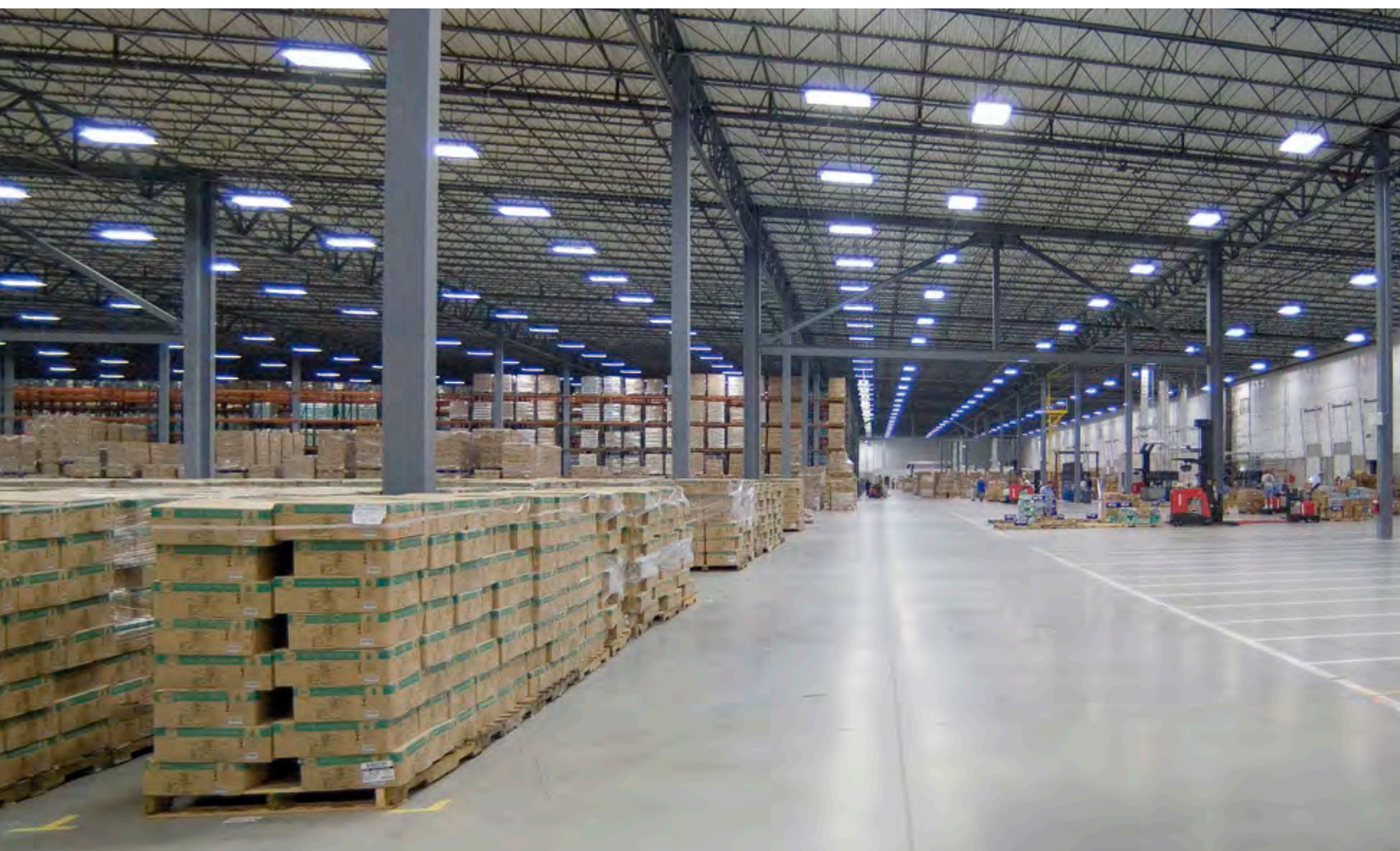
alambre continuo delgado lo que, sumado a la ausencia de escoria, mejoró el acceso y la penetración de la soldadura en las Steel Joist de Alma Abierta.

Hoy en día, las Steel Joist y *Girder* son ampliamente utilizados en USA, especialmente en edificios comerciales, industriales e institucionales. Hasta la publicación del Documento Técnico 9 del SJI en 1987 no existía un Manual definitivo acerca de su manejo y montaje. Dado que hasta la fecha se han introducido numerosos cambios y actualizaciones en la edificación

con Steel Joist, este Documento Técnico 9 del SJI ha sido objeto de una revisión extensa y una nueva publicación.

A continuación se presenta una selección extractada de proyectos desarrollados recientemente con el sistema Steel Joist en Norteamérica, que son de interés y representan distintas escalas de intervención, distintos programas de uso y aún, distintos emplazamientos, los que esperamos servirán para ilustrar el concepto y las oportunidades del sistema Steel Joist para la arquitectura.

**Bodega,
Filadelfia - USA**





Los interesados podrán encontrar información técnica y fotos de múltiples y diversos proyectos realizados en Norteamérica con *Girder* y *Steel Joist*, consultando el sitio www.steeljoist.org/projects.



Centro de Convenciones,
Vancouver - Canadá





Supermercado en Temuco, 1992



Girder y Steel Joist, fabricadas en Chile, 1992

En Chile los primeros proyectos con *Girder* y *Steel Joist* parten el año 1992 por iniciativa de la Siderúrgica AZA, antecesora de Aceros AZA S.A., quien propone a la oficina JEO Ingeniería el diseño estructural y a su empresa asociada EB Construcciones Industriales, la producción y montaje de estas estructuras, confeccionadas con perfiles estructurales laminados en caliente fabricados por Siderúrgica AZA.

Como resultado de ese acuerdo, en poco más de un año y medio, se logró diseñar y construir alrededor de 20.000m², con 300 toneladas de acero, en edificios y naves industriales con luces de 20m a 40m, modulaciones de 8m a 12m, alturas de pilar al hombro entre 5m a 10m y pendientes de cubierta de 3% a 5%, algunos de los cuales destacamos a continuación.

- ▶ CMS - Naves industriales y edificio de oficinas y servicios (San Fco. de Mostazal 3.600m²)
- ▶ Termosistemas - Planta industrial y edificio de oficinas y servicios (Qulicura 2.500m²)
- ▶ Mall Temuco 2.000 - Supermercado y estructuras de techumbre edificio principal (4.000m²)
- ▶ Transportes Schiappacasse - Bodega de camiones (Alto Hospicio 1.800m²)
- ▶ Ripley - Bodegas de almacenamiento (Concepción 1.200m²)
- ▶ Sodimac - Bodega de almacenamiento (Renca 500m²)



UNIÓN DE JOISTEC® ▶
A GIRDER



CAPÍTULO

3

EL SISTEMA JOISTEC®

3.1

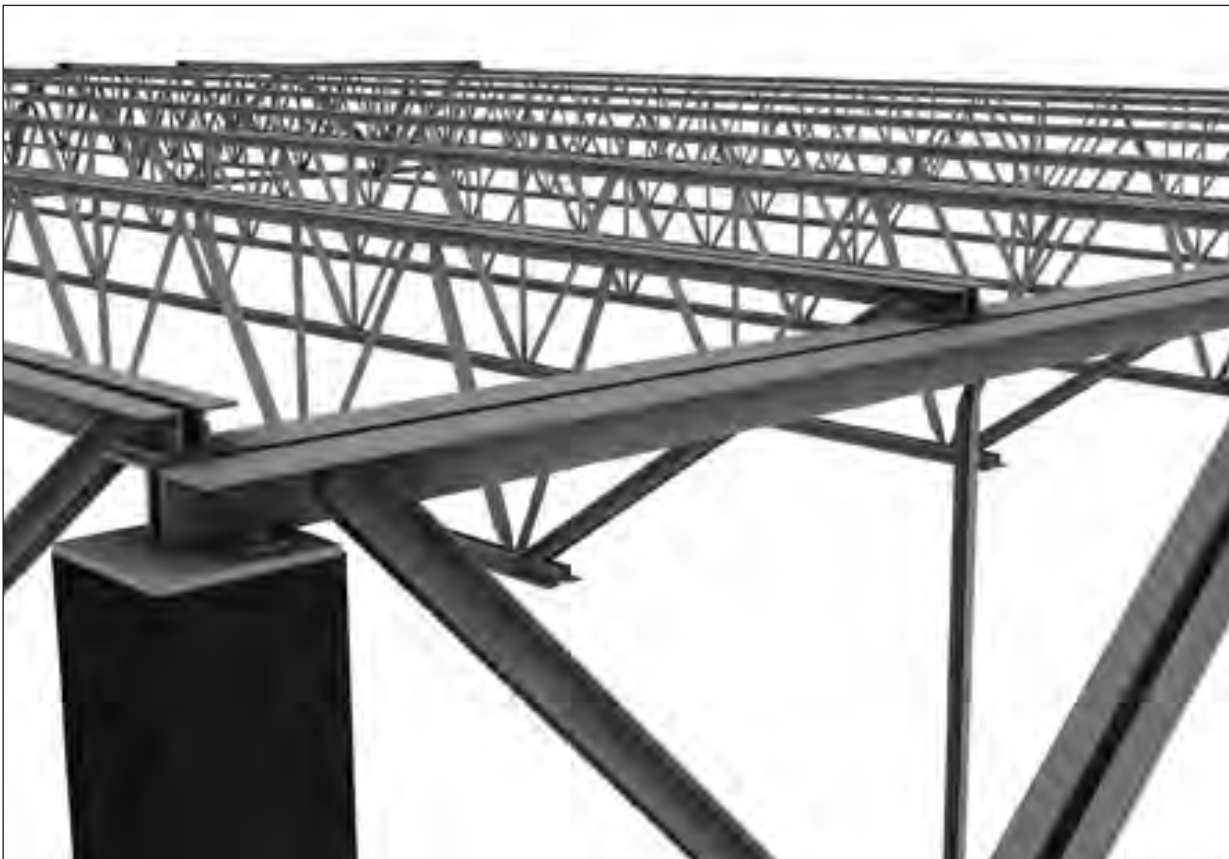
Descripción

Ya hemos comentado en el punto 2.5 del capítulo anterior que el Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA tiene su origen en el Steel Joist Construction, que se usa hace ya más de 85 años en EEUU, Canadá y México. El sistema ha estado en permanente desarrollo y evolución desde entonces centrado en la búsqueda de soluciones que permitan salvar con estructuras cada vez más livianas las grandes luces que son requerimiento de muchos edificios hoy en día.

El Sistema Constructivo JOISTEC®, desarrollado por AZA es presentado en Chile a mediados del año 2012, con la colaboración de Bascuñán, Maccioni e Ingenieros Asociados (BMIng), y consiste en un conjunto de tres elementos de alma abierta, llamados *Joistec*®, *Girder* y *puntales o Bridging* que, actuando en conjunto, permite salvar grandes luces y construir naves con gran economía de apoyos.

Figura 3.1

Ejemplo Sistema JOISTEC®



EL SISTEMA CONSTRUCTIVO JOISTEC®, CONSISTE EN UN CONJUNTO DE TRES ELEMENTOS DE ALMA ABIERTA, LLAMADOS JOISTEC®, GIRDER Y PUNTALES O BRIDGING QUE, ACTUANDO EN CONJUNTO, PERMITE SALVAR GRANDES LUCES Y CONSTRUIR NAVES CON GRAN ECONOMÍA DE APOYOS.



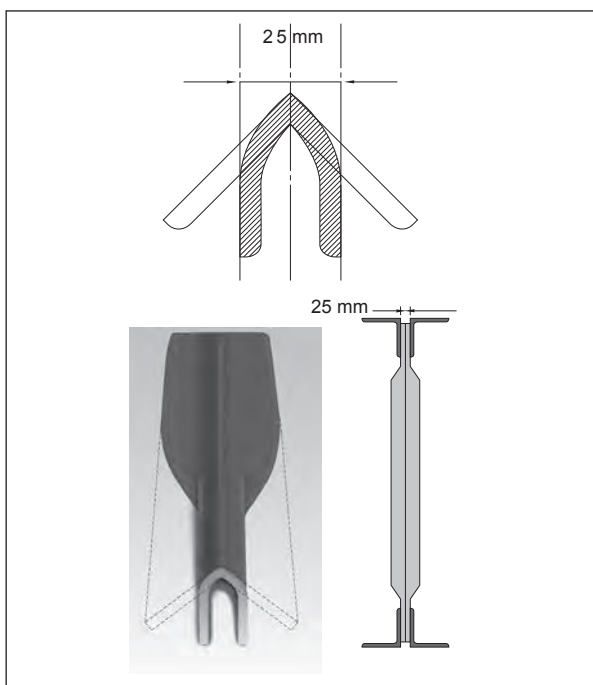
3.2

Unión Crimped

Uno de los aspectos importantes y que contribuye a la optimización del diseño lo constituye la conexión *Crimped*. En efecto, el uso de ángulos laminados en caliente optimizados de distintas secciones hace muy difícil (si no imposible) conectarlos en una cuerda con una separación constante en todo el largo. El sistema *Crimped* consiste en una deformación por aplastamiento controlado de los extremos de los ángulos que forman la diagonal y el montante. La distancia entre los extremos de las alas de los ángulos una vez aplastados es de 25mm. De esta forma se eliminan la excentricidad que se produciría en el ángulo individual por una sola ala. El esfuerzo axial en diagonales y montantes queda así centrado y no produce momentos secundarios.

Figura 3.2

Unión Crimped



3.3

Joistec®

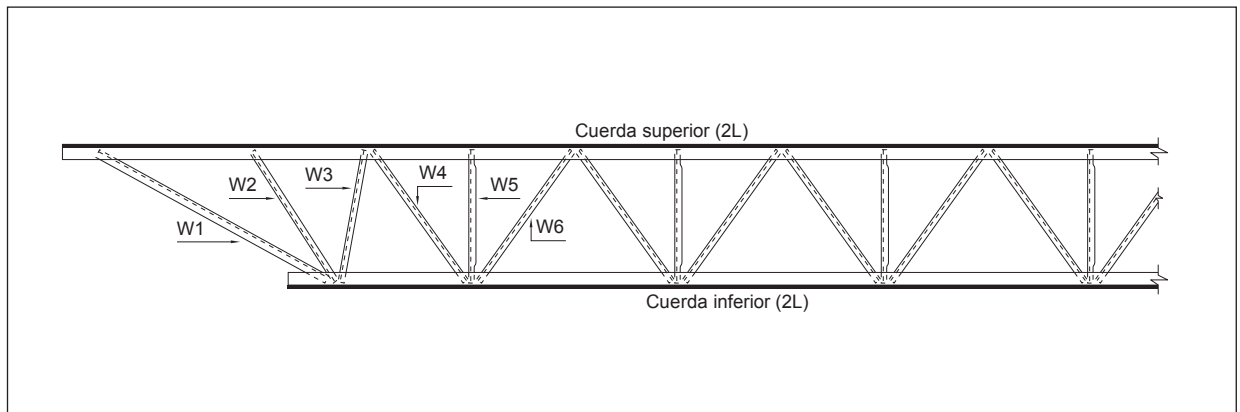
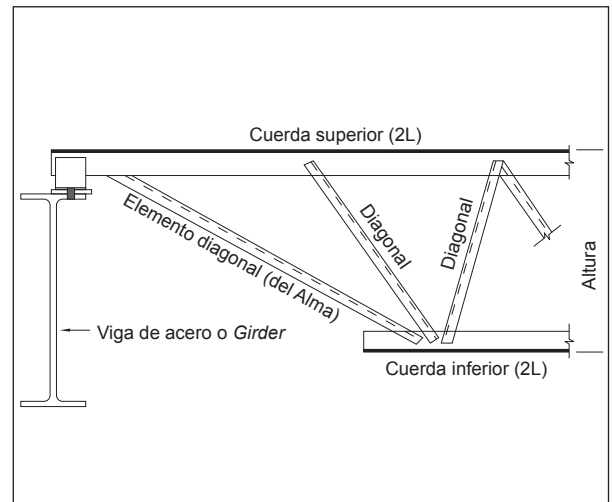
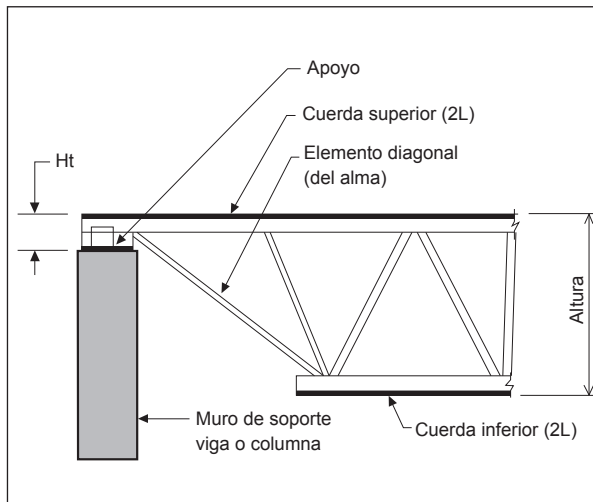
Las *Joistec*® forman parte del sistema y son miembros estructurales secundarios de alma abierta con apoyos simples que soportan directamente las cargas de cubierta o entrepiso. Están formadas por ángulos de acero Grado A270ES laminado en caliente de AZA.

Los componentes de una *Joistec*® son tres, a saber:

- ▶ **Cuerda Superior, conformada por dos ángulos laminados en caliente dispuestos en forma de T y con una separación constante entre ellos de 25mm.**
- ▶ **Cuerda Inferior, conformada igualmente por dos ángulos laminados en caliente dispuesto en forma de T invertida, con una separación constante de 25mm entre ellos.**
- ▶ **Diagonales y Montantes, formados por ángulos laminados en caliente simples o dobles, conectados dentro o fuera de las cuerdas mediante filetes de soldadura TIG o MIG.**

Figura 3.3

Elementos de una Joistec®



Es importante mencionar que las Joistec® se fabrican con las contraflechas que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 3.1

Contraflechas para las Joistec®

Longitud de la cuerda superior (mm)	Contraflecha (mm)
6.000	6
9.000	10
12.000	16
15.000	25
18.000	38
21.000	51
24.000	70
26.000	89

Dada la posibilidad de trabajar con grandes luces - lo que deriva en contraflechas significativas - y a que no está asegurado que las Joistec® recuperen la contraflecha después del montaje, es importante considerar las contraflechas de fabricación en las Joistec® o en las Girder para evitar problemas en el montaje, especialmente en los encuentros con elementos lineales rectos, como muros y/o vigas.

3.4

Girder

Son miembros estructurales primarios de alma abierta diseñados como elementos simplemente apoyados que soportan las cargas concentradas de las *Joistec*® sobre ellos. Su función es dar apoyo a las *Joistec*® y transmitir dicha carga a las columnas. También existe la opción de diseñar *Girder* empotradas según los procedimientos del Manual de diseño estructural.

Las cargas puntuales de las *Joistec*® se deben ubicar en los nudos de la cuerda superior de las *Girder*. Es por esta razón que la distancia entre los elementos verticales del alma es constante. Al igual que en las *Joistec*®, se emplean ángulos laminados en caliente dispuestos espalda-espalda para las cuerdas y ángulos laminados en caliente simples o dobles para las diagonales y los montantes.

Las *Girder* reemplazan los elementos estructurales de alma llena utilizados tradicionalmente reduciendo

significativamente el peso, lo que tiene un consecuente impacto en el costo.

Al igual que las *Joistec*®, las *Girder* se deben fabricar con las contraflechas que se indican en la tabla siguiente, en función de su longitud:

Tabla 3.2

Contraflechas para las *Girders*

Longitud de la cuerda superior (mm)	Contraflecha (mm)
12.000	16
15.000	25
18.000	38
21.000	51
24.000	70

3.5

Puntales o Bridging

Los puntales son los arriostramientos laterales que estabilizan a las *Joistec*®. Se materializan con ángulos laminados en caliente dispuestos en forma horizontal y/o diagonal.

- ▶ **Puntales Horizontales:** ángulos laminados en caliente que estabilizan en forma horizontal las *Joistec*®. Se ejecutan conectando por soldadura los ángulos puntales a las cuerdas superiores y/o inferiores de las *Joistec*®.
- ▶ **Puntales Diagonales:** ángulos laminados en caliente que estabilizan en forma diagonal las *Joistec*® desde el cordón inferior al cordón superior de la *Joistec*® contigua y a la inversa. La conexión en general es con pernos, por lo que se dispone de un ángulo conector soldado a las cuerdas que actúa como Gousset. En la intersección de los ángulos puntales se hace una conexión mediante un perno, reduciendo la longitud efectiva del puntal.

Figura 3.4

Puntales horizontal y diagonal (Bridging)

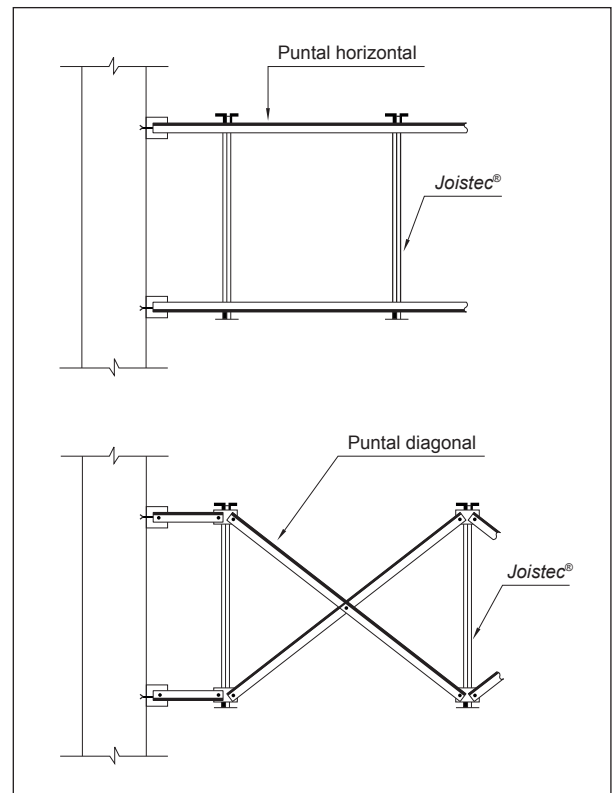
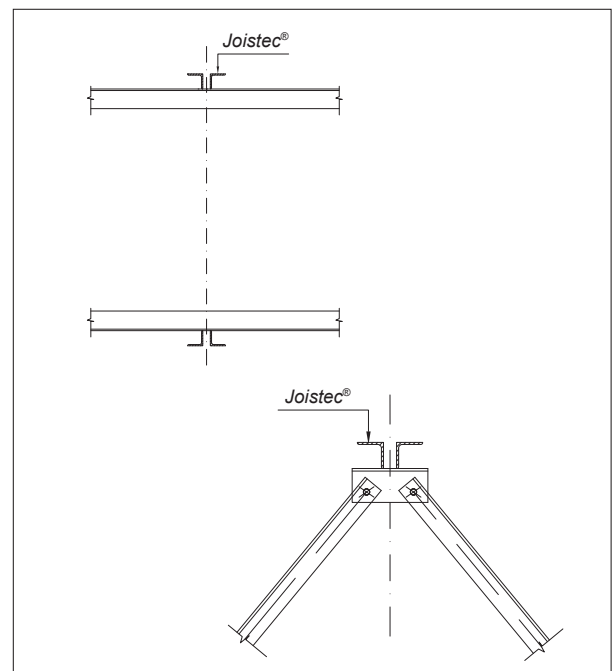


Figura 3.5

Puntal horizontal soldado a las cuerdas de las *Joistec*® y puntal diagonal conectado con pernos



3.6

Luces y Modulaciones

Una de las características de las estructuras de acero que siempre se ha destacado es su esbeltez y liviandad. En este escenario, uno de los aportes principales del Sistema Constructivo JOISTEC® que puede resultar particularmente atractivo para enfrentar algunos tipos de proyectos, es la posibilidad de salvar grandes luces en ambos sentidos con el conjunto formado por *Girder* y *Joistec*® sin necesidad de apoyos intermedios. En efecto, una combinación de *Joistec*® y *Girder* adecuadas permite diseñar paños de cubierta de hasta 26m x 24m con sólo 4 en apoyos (columnas) dispuestos en los vértices para el caso de la serie estándar.

Sin embargo, hay que hacer algunas consideraciones importantes que hacen una diferencia entre la concepción tradicional de naves y la estructuración con *Joistec*® y *Girder*.

En una estructura liviana de acero, típicamente se disponen marcos o sistemas de vigas maestras a distancias iguales que varían entre 6m y 12m salvando luces variables entre 20m y 30m. Resultado de lo anterior, las luces de entre 6m y 12m que salvan las costaneras pueden resolverse mediante perfiles conformados en frío.

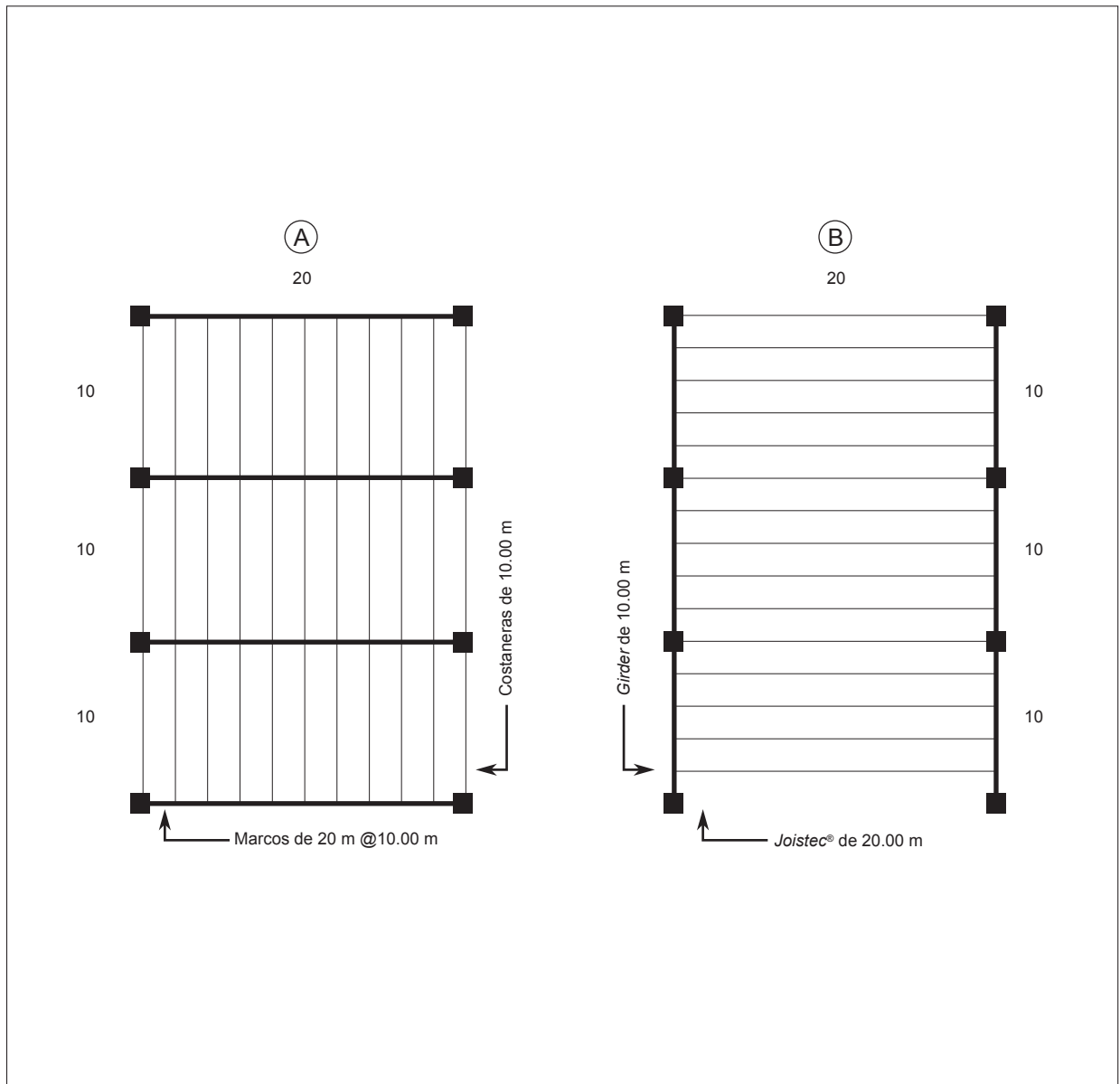
El cambio que introducen las *Joistec*® es que permiten salvar luces de hasta 26m en su serie estándar, incluso mayores en proyectos especiales, para dar apoyo a la cubierta. En este

sentido, para soluciones de cubiertas planas, es perfectamente posible invertir la mentalidad tradicional y disponer las *Joistec*® (que actúan como costaneras) en el sentido de la luz mayor y las *Girder* (que reemplazan a las vigas de los marcos) a distancias menores. En otras palabras, según se ejemplifica en el esquema siguiente, una estructura tradicional modulada con marcos a 10m y columnas a 20m (A) puede transformarse en una estructura con *Girder* de 10m de luz y un sistema de *Joistec*® de cubierta que salve 20m de luz (B).

Como se ve, ha cambiado el paradigma de los marcos transversales por los marcos longitudinales.

Figura 3.6

Planta soluciones A y B



Esta solución es responsable de las cargas verticales. En tanto, las cargas horizontales de viento y sismo, se pueden asumir mediante marcos arriostrados (en una o dos direcciones) o mediante marcos rígidos. Una solución mixta, de marcos rígidos y arriostrados también es perfectamente posible.

Las columnas que finalmente transmiten las cargas a las fundaciones se pueden hacer indistintamente en perfiles de acero de sección según decisiones de arquitectura y cálculo (circular, cuadrada, rectangular, I o H) así como mediante columnas y muros de hormigón armado e incluso

muros de albañilería confinada con contrafuertes de hormigón.

Una consideración interesante de tener presente es que, con frecuencia, estas edificaciones pueden estar expuestas a altas cargas combustibles (en el caso de las bodegas) y/o a riesgo de impacto (en el caso de las plantas industriales y/o bodegas que tiene movimiento de carga pesada mediante grúas horquilla u otros sistemas de transporte independiente). En ambos casos, el uso de muros y/o columnas de hormigón armado puede ser una solución adecuada que se complementa muy bien con una solución de cubierta con Joistec®.

Esto es interesante puesto que las condiciones de seguridad contra incendio dispuestas en el Título 4, Capítulo 3 de la OGUC, establecen exigencias mucho mayores para los elementos soportantes horizontales, o sea vigas y/o *Girder* (entre F30 y F120, según la clasificación del edificio) que para la techumbre, incluido cielo falso, representada por las costaneras y/o *Joistec*® (que varían entre F15 y F60, dependiendo de la clasificación del edificio).

En síntesis, el Sistema Constructivo JOISTEC® aporta nuevas alternativas al análisis de un proyecto ya que permite mirar desde otra perspectiva la estructuración que determina las distancias máximas entre líneas estructurales principales según el sistema de apoyo de la cubierta.

Para contribuir a esto, AZA ha diseñado cuatro diferentes series estándar de *Joistec*® que cubren los principales requerimientos del mercado local:

► SERIE K,

diseñada para luces menores desde 6,0 y hasta 18,0m con alturas variables entre 400 y 750mm. En el Manual de Diseño Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC® se incluyen rangos de sobrecargas de esta serie entre 100 y 818 kg/m

► SERIE LH,

diseñada para luces mayores, entre 12,0 y 26,0m con alturas que varían entre 800 y 1.100mm. En el Manual de Diseño Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC® se incluyen rangos de sobrecargas de la serie LH de entre 141,0 y 492,0 kg/m.

Las series R que se presentan a continuación han sido diseñadas y optimizadas de tal manera de obtener elementos livianos para las cargas más usadas en Chile, como por ejemplo en las ciudades de Santiago, Concepción y La Serena entre otras.

► SERIE KR,

diseñada para luces desde 10,0 a 18,0m con alturas variables entre 450 y 750mm. En el Manual de Diseño del Sistema Constructivo JOISTEC® se incluyen rangos de sobrecargas de esta serie entre 125,0 y 148,4 kg/m.

► SERIE LHR,

diseñada para luces desde 18,5 a 26,0m con alturas que varían entre 800 y 1.100mm. En el Manual de Diseño Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC® se incluyen rangos de sobrecargas de esta serie entre 103,2 y 124,4 kg/m.

Complementando estas series estándar, se encuentran las *Girder* (que soportan las cargas provenientes de las de *Joistec*®) que están diseñadas para luces de entre 12,0m y 24,0m y cuya altura varía entre 1.000mm y 2.300mm. El citado Manual de Diseño del Sistema Constructivo JOISTEC® recomienda un rango de cargas puntuales por panel entre 1.800 y 5.400 kgf usando el Método ASD y entre 2.700 y 8.100 kgf si se usa el Método LRFD.

3.7

Cargas de Diseño

Para los efectos de pre dimensionamiento de las *Joistec*® y las *Girder* se pueden considerar las tablas de cargas que se acompañan. Para su uso se deberá considerar que:

- ▶ La numeración en negro en las tablas 3.3 y 3.4 representa la capacidad de carga total uniformemente distribuida expresada en kilogramos de fuerza por metro lineal (kgf/m), según el método de cálculo correspondiente (ASD - Diseño por Tensiones Admisibles o LRFD - Diseño por Factores de Carga y Resistencia)
- ▶ La numeración en color en las tablas 3.3 y 3.4 que se muestra debajo de la numeración en negro, corresponde a la carga viva que produce una deformación de L/360. Para deformaciones de L/240 el valor indicado en color se deberá multiplicar por un factor 1,5.
- ▶ Para *Joistec*® de cuerdas paralelas con pendiente se debe determinar la longitud total a lo largo de la pendiente.
- ▶ En ningún caso se debe exceder la capacidad total de la *Joistec*®.
- ▶ En las tablas 3.3 y 3.4 las celdas con fondo de color indica la necesidad de utilizar puntales diagonales conectados con pernos, cercanos al centro de dicha *Joistec*®.
- ▶ Si bien las tablas de carga de las *Joistec*® y *Girder* se presentan en largos discretos, es decir cada 50cm, estas pueden fabricarse al largo que requiera el proyecto, por ejemplo si se necesita una *Joistec*® de 16,65m de largo se utiliza la *Joistec*® de 17,0m que cumpla con los requerimientos de carga y deformación, luego el Departamento Técnico JOISTEC® de AZA modifica el plano de la *Joistec*® estándar para esta solución particular, según el procedimiento interno de fabricación.

Tabla 3.3

**Carga para Joistec®, Series K y LH -
MÉTODO ASD**

F_y = 2.700 kgf/cm²																			
Cargas en kgf/m																			
Joistec®	16K3	45K3	50K3	50K4	50K5	55K5	60K4	60K6	65K5	65K6	70K6	70K7	75K7	75K8	75K10	80LH06	90LH07	100LH08	110LH09
Altura (mm)	400	450	500	500	500	550	600	600	650	650	700	700	750	750	750	800	900	1000	1100
Peso Aprox. (kgf/m)	10,0	10,5	11,1	13,4	13,5	13,6	13,9	16,4	15,2	15,3	16,7	17,1	17,2	18,2	22,5	25,6	26,3	31,4	37,9
Luz (mm)																			
6.000	610 490	688 629	769 770	818 818	818 818														
6.500	552 423	624 542	696 674	818 773	818 800														
7.000	458 321	519 410	578 512	698 598	756 671	818 818	818 818	818 818											
7.500	386 248	437 318	489 396	588 464	663 520	733 636	713 679	818 800											
8.000	357 219	404 283	452 351	545 412	594 461	658 564	658 603	808 734	806 796	818 805									
8.500	308 175	348 224	387 281	468 329	528 368	583 449	567 481	695 585	818 746	818 746	818 808	815 805							
9.000	267 143	302 183	337 228	407 266	458 299	507 364	493 390	550 474	603 514	656 561	710 653	790 724	818 808	818 808	818 808				
9.500	250 128	283 164	315 205	380 241	421 270	465 330	461 352	565 430	564 467	614 507	663 591	740 655	795 756	818 774	818 774				
10.000		250 137	277 169	335 199	377 222	418 272	406 292	498 355	497 385	542 419	584 490	652 542	701 624	773 685	792 696				
10.500		221 114	247 143	297 166	335 187	370 228	360 244	442 297	442 322	480 351	519 409	578 454	622 552	687 571	746 617				
11.000		200 104	233 131	280 153	313 170	358 209	340 222	418 272	416 296	454 321	490 374	546 416	588 481	649 526	724 584				
11.500			209 109	253 128	284 129	313 176	305 190	374 232	373 351	407 273	440 318	490 352	526 407	581 446	685 526				
12.000			188 100	227 111	256 125	282 151	274 162	338 198	338 215	367 233	396 272	442 302	474 348	525 380	652 468	625 492			
12.500						269 141	261 150	321 184	319 199	349 217	376 253	421 281	451 322	498 354	635 446	610 468			
13.000						245 121	237 131	291 159	291 172	316 187	341 218	382 241	410 280	454 306	585 391	582 425	584 481		
13.500						229 112	227 121	277 148	271 160	303 176	327 203	364 226	390 261	432 283	559 364	569 406	571 459		
14.000							206 105	254 128	254 140	276 153	299 179	332 198	358 228	396 250	512 318	544 371	546 420		
14.500							190 100	233 114	233 123	254 133	273 156	306 174	328 201	363 219	468 280	521 341	524 385	523 424	
15.000									222 115	244 126	263 147	293 163	315 189	348 206	451 263	511 327	513 370	512 406	
15.500									206 102	224 111	242 130	270 144	290 166	321 183	415 238	485 296	451 341	493 375	
16.000											224 115	250 129	269 148	297 162	384 208	452 266	415 238	474 347	564 460

Tabla 3.4

**Carga para Joistec®, Series K y LH -
MÉTODO LRFD**

F_y = 2.700 kgf/cm²																			
Cargas en kgf/m																			
Joistec®	40K3	45K3	50K3	50K4	50K5	55K5	60K4	60K6	65K5	65K6	70K6	70K7	75K7	75K8	75K10	80LH06	90LH07	100LH08	110LH09
Altura (mm)	400	450	500	500	500	550	600	600	650	650	700	700	750	750	750	800	900	1000	1100
Peso Aprox. (kgf/m)	10,0	10,5	11,1	13,4	13,5	13,6	13,9	16,4	15,2	15,3	16,7	17,1	17,2	18,2	22,5	25,6	26,3	31,4	37,9
Luz (mm)																			
6.000	915 490	1033 629	1154 770	1227 818	1227 818														
6.500	828 423	937 542	1044 674	1227 773	1227 800														
7.000	687 321	778 410	868 512	1047 598	1181 671	1227 818	1227 818	1227 818											
7.500	580 248	656 318	735 396	883 464	996 520	1101 636	1069 679	1227 800											
8.000	535 219	607 283	678 351	817 412	919 461	1016 564	987 603	1203 734	1209 796	1227 805									
8.500	462 175	522 224	582 281	703 329	793 368	875 449	850 481	1042 585	1227 746	1227 746	1227 808	1222 805							
9.000	402 143	453 183	506 228	611 266	688 299	761 364	739 390	825 474	904 514	984 561	1065 653	1185 724	1227 808	1227 808	1227 808				
9.500	374 128	423 164	473 205	571 241	645 270	712 330	691 352	847 430	864 467	921 507	994 591	1110 655	1192 756	1227 774	1227 774				
10.000		374 137	417 169	504 199	567 222	627 272	609 292	747 355	745 385	813 419	877 490	978 542	1051 624	1161 685	1188 696				
10.500		333 114	370 143	446 166	504 187	556 228	540 244	663 297	663 322	720 351	778 409	868 454	933 552	1032 571	1119 617				
11.000		314 104	350 131	421 153	475 170	526 209	511 222	627 272	624 296	681 321	736 374	819 416	882 481	973 526	1086 584				
11.500			314 109	379 128	426 129	470 176	457 190	561 232	559 351	610 273	660 318	735 352	789 407	873 446	1029 526				
12.000			283 100	341 111	383 125	423 151	411 162	507 198	507 215	550 233	592 272	663 302	711 348	787 380	978 468	939 492			
12.500						404 141	391 150	481 184	478 199	523 217	564 253	631 281	676 322	747 354	954 446	915 468			
13.000						368 121	357 131	438 159	438 172	474 187	513 218	574 241	615 280	681 306	879 391	873 425	877 481		
13.500						350 112	342 121	417 148	406 160	454 176	492 203	546 226	586 261	649 283	838 364	850 406	879 459		
14.000							309 105	381 128	381 140	414 153	448 179	499 198	537 228	594 250	768 318	816 371	838 420		
14.500							285 100	351 114	351 123	381 133	409 156	459 174	493 201	544 219	702 280	781 341	768 385	784 424	
15.000									333 115	364 126	394 147	439 163	472 189	522 206	676 263	766 327	702 370	768 406	
15.500									309 102	340 111	363 130	405 144	435 166	481 183	622 238	727 296	676 341	739 375	
16.000											336 115	375 129	403 148	445 162	576 208	678 266	622 315	711 347	846 460

Tabla 3.5

**Carga para Joistec®, Series KR y LHR -
MÉTODO ASD**

Joistec®	45KR3	50KR3	55KR5	60KR4	65KR5	70KR6	75KR7	80LHR06	90LHR07	100LHR08	110LHR09	
Altura (mm)	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	
Luz (mm)	8,8											Peso
10	181,5 148,4											Cap. Máxima SC a L/240
10,5	9,7 180,1 147,0											
11	9,6 178,7 145,6											
11,5		9,9 177,8 144,2										
12		9,9 173,4 142,8										
12,5			10,0 175,0 141,4									
13			10,1 176,2 140,0									
13,5			10,0 174,7 138,5									
14				10,2 173,5 137,1								
14,5				12,5 171,9 135,7								
15					12,8 172,1 134,3							
15,5					13,3 169,1 132,9							
16						13,6 167,7 131,5						
16,5						13,3 166,3 130,1						
17						13,5 164,8 128,6						
17,5							13,6 163,4 127,2					

Tabla 3.5 (continuación)

**Carga para Joistec®, Series KR y LHR -
MÉTODO ASD**

Joistec®	45KR3	50KR3	55KR5	60KR4	65KR5	70KR6	75KR7	80LHR06	90LHR07	100LHR08	110LHR09
Altura (mm)	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
18							13,6 162,0 125,8				
18,5								13,9 160,6 124,4			
19								13,7 159,2 123,0			
19,5								13,7 157,8 121,6			
20									13,7 156,4 120,2		
20,5									14,4 154,9 118,7		
21									15,6 153,5 117,3		
21,5									15,2 152,1 115,9		
22									14,3 150,7 114,5		
22,5										16,7 149,3 113,1	
23										16,4 147,9 111,7	
23,5										17,1 146,5 110,3	
24										17,6 145,1 108,9	
24,5											18,2 143,6 107,4
25											17,9 142,2 106,0
25,5											16,5 140,8 104,6
26											19,2 139,4 103,2

Tabla 3.6

**Carga para Joistec®, Series KR y LHR -
MÉTODO LRFD**

F_y = 2.700 kgf/cm²												
Cargas en kgf/m												
Joistec®	45KR3	50KR3	55KR5	60KR4	65KR5	70KR6	75KR7	80LHR06	90LHR07	100LHR08	110LHR09	
Altura (mm)	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	
Luz (mm)	8,8											Peso
10	272,3											Cap. Maxima
	222,6											SC a L/240
10,5	9,7											
	270,2											
	220,5											
11	9,6											
	268,1											
	218,4											
11,5		9,9										
		266,7										
		216,3										
12		9,9										
		260,1										
		214,2										
12,5			10,0									
			262,4									
			212,0									
13			10,1									
			264,2									
			209,9									
13,5			10,0									
			262,1									
			207,8									
14				10,2								
				260,3								
				205,7								
14,5				12,5								
				257,9								
				203,6								
15					12,8							
					258,1							
					201,5							
15,5					13,3							
					253,6							
					199,3							
16						13,6						
						251,5						
						197,2						
16,5						13,3						
						249,4						
						195,1						
17						13,5						
						247,3						
						193,0						
17,5							13,6					
							245,1					
							190,8					

Tabla 3.6 (continuación)

**Carga para Joistec®, Series KR y LHR -
MÉTODO LRFD**

F_y = 2.700 kgf/cm²											
Cargas en kgf/m											
Joistec®	45KR3	50KR3	55KR5	60KR4	65KR5	70KR6	75KR7	80LHR06	90LHR07	100LHR08	110LHR09
Altura (mm)	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
18							13,6 243,0 188,7				
18,5								13,9 240,9 186,6			
19								13,7 238,8 184,5			
19,5								13,7 236,7 182,4			
20									13,7 234,5 180,2		
20,5									14,4 232,4 178,1		
21									15,6 230,3 176,0		
21,5									15,2 228,2 173,9		
22									14,3 226,1 171,8		
22,5										16,7 223,9 169,6	
23										16,4 221,8 167,5	
23,5										17,1 219,7 165,4	
24										17,6 217,6 163,3	
24,5											18,2 215,4 161,1
25											17,9 213,3 159,0
25,5											16,5 211,2 156,9
26											19,2 209,1 154,8

Tabla 3.7

**Carga y Pesos de Girder -
MÉTODO ASD**

$F_y = 2.700 \text{ kgf/cm}^2$								
Carga por Panel en kgf								
Propiedades de la Girder				Carga por panel (kgf)				
Longitud (mm)	Espaciamento (mm)	Cantidad de espaciamentos	Altura (mm)	1.800	2.700	3.600	4.400	5.400
				Pesos de la Girder (kg/m)				
12.000	2.000	6N@	1.000	28,60	37,13	46,72	54,98	55,09
	1.500	8N@	1.000	30,90	45,77	62,18	73,73	80,25
13.000	2.166	6N@	1.300	27,01	35,38	46,54	57,81	64,94
	1.625	8N@	1.300	36,34	52,31	58,48	68,42	81,98
	1.300	10N@	1.300	42,85	58,01	62,01	76,22	94,65
14.000	1.750	8N@	1.300	40,33	53,68	58,6	65,38	81,50
	1.400	10N@	1.300	43,31	58,86	78,95	88,39	99,73
15.000	1.875	8N@	1.400	40,51	52,94	66,41	73,08	82,14
	1.250	12N@	1.400	50,20	68,14	78,63	91,94	110,98
16.500	1.650	10N@	1.600	44,51	65,39	75,02	83,65	95,60
	1.375	12N@	1.600	50,06	62,01	81,21	95,95	118,28
18.000	1.800	10N@	1.800	50,28	62,82	73,95	89,07	106,87
	1.500	12N@	1.800	56,59	73,95	79,01	94,19	134,80
20.000	2.000	10N@	1.850	48,92	68,71	76,23	94,47	104,20
	1.667	12N@	1.850	57,70	70,06	84,56	113,22	118,94
22.000	1.833	12N@	2.100	67,08	77,29	94,16	106,59	127,19
	1.524	14N@	2.100	74,80	92,95	108,14	120,78	148,44
23.000	1.917	12N@	2.200	63,49	80,04	98,01	103,87	124,33
	1.643	14N@	2.200	74,05	88,99	111,97	123,37	147,51
24.000	2.000	12N@	2.300	61,57	88,27	94,18	107,50	132,19
	1.714	14N@	2.300	69,95	90,84	109,43	124,63	159,83

Tabla 3.8

**Carga y Pesos de Girder -
MÉTODO LRFD**

					F_y = 2.700 kgf/cm²				
					Carga por Panel en kgf				
Propiedades de la Girder				Carga por panel (kgf)					
Longitud (mm)	Espaciamento (mm)	Cantidad de espaciamentos	Altura (mm)	2.700	4.050	5.400	6.600	8.100	
				Pesos de la Girder (kg/m)					
12.000	2.000	6N@	1.000	28,60	37,13	46,72	54,98	55,09	
	1.500	8N@	1.000	30,90	45,77	62,18	73,73	80,25	
13.000	2.166	6N@	1.300	27,01	35,38	46,54	57,81	64,94	
	1.625	8N@	1.300	36,34	52,31	58,48	68,42	81,98	
	1.300	10N@	1.300	42,85	58,01	62,01	76,22	94,65	
14.000	1.750	8N@	1.300	40,33	53,68	58,6	65,38	81,50	
	1.400	10N@	1.300	43,31	58,86	78,95	88,39	99,73	
15.000	1.875	8N@	1.400	40,51	52,94	66,41	73,08	82,14	
	1.250	12N@	1.400	50,20	68,14	78,63	91,94	110,98	
16.500	1.650	10N@	1.600	44,51	65,39	75,02	83,65	95,60	
	1.375	12N@	1.600	50,06	62,01	81,21	95,95	118,28	
18.000	1.800	10N@	1.800	50,28	62,82	73,95	89,07	106,87	
	1.500	12N@	1.800	56,59	73,95	79,01	94,19	134,80	
20.000	2.000	10N@	1.850	48,92	68,71	76,23	94,47	104,20	
	1.667	12N@	1.850	57,70	70,06	84,56	113,22	118,94	
22.000	1.833	12N@	2.100	67,08	77,29	94,16	106,59	127,19	
	1.524	14N@	2.100	74,80	92,95	108,14	120,78	148,44	
23.000	1.917	12N@	2.200	63,49	80,04	98,01	103,87	124,33	
	1.643	14N@	2.200	74,05	88,99	111,97	123,37	147,51	
24.000	2.000	12N@	2.300	61,57	88,27	94,18	107,50	132,19	
	1.714	14N@	2.300	69,95	90,84	109,43	124,63	159,83	

Notas
 Para luces o cargas distintas a las indicadas en las tablas anteriores, tanto para las series Joistec® y Girder, se debe consultar al Departamento Técnico JOISTEC® de AZA.

Para luces intermedias utilizar la Joistec® de la tabla de carga con la luz inmediatamente mayor a la buscada.

- ▶ Resultados de ensayos de verificación del diseño estructural del Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA se pueden ver en los Anexos.
- ▶ Para mayor información de interés para el cálculo, remitirse al Manual de Diseño del Sistema Constructivo JOISTEC® (AZA – Segunda Edición, Junio 2015).

3.8

Cubiertas

Ya hemos mencionado que el Sistema Constructivo JOISTEC® permite invertir la forma tradicional de enfrentar la solución de los sistemas de cubiertas de un edificio.

En efecto, hay que considerar que las *Joistec*® pueden salvar luces de hasta 26,0m en su serie estándar, o incluso luces mayores para proyectos especiales. Lo anterior significa que es posible ubicar los apoyos para las costaneras *Joistec*® a dichas distancias. También se ha mencionado que las *Joistec*® no necesariamente se deben apoyar en *Girder* si no que, eventualmente, se pueden apoyar en otro tipo de vigas, marcos o incluso muros de cualquier material.

Dicho de otra forma, lo que las *Joistec*® resuelven es un sistema de cubiertas que se complementa muy bien, aunque no necesariamente en forma exclusiva, con un sistema de vigas maestras denominadas *Girder*.

El beneficio de usar las *Girder*, es que se puede disponer de una planta muy despejada y libre de apoyos en una superficie de 24,0 x 26,0m, o sea, una planta libre de 624m². Esto tiene un impacto interesante en los costos de construcción de la subestructura y las fundaciones. Sin perjuicio de lo anterior, corresponderá al estudio de cada caso determinar la mejor y más adecuada disposición y conformación de los apoyos de las *Joistec*®. Muchas veces, por consideraciones relacionadas con la geometría del terreno y del edificio, convendrá generar apoyos mediante elementos distintos a las *Girder*, como por ejemplo, muros laterales de hormigón o albañilerías (armadas o confinadas) o aún vigas de hormigón armado apoyadas en columnas de hormigón armado. Con ello adicionalmente se puede resolver cerramientos y/o dar cumplimiento a exigencias de resistencia al fuego.

Como se dijo antes, el análisis y estudio del anteproyecto, habida consideración de los requerimientos del mandante y las condiciones del terreno, permitirá encontrar la mejor solución a la estructuración base y a la disposición de la cubierta en base a las *Joistec*®.

Para todos los efectos, el distanciamiento entre las *Joistec*® dependerá de la cubierta que se elija instalar y de las sobrecargas a considerar según el emplazamiento de la obra. En general, la información relacionada a los requerimientos de apoyo y las fijaciones de las planchas y/o paneles aislados de cubierta, se encuentra disponible en los catálogos y publicaciones técnicas de los fabricantes y proveedores.

3.9

Entrepisos

El Sistema Constructivo JOISTEC® es ampliamente utilizado como estructura de piso, indistintamente se trate de losas de hormigón armado tradicional o losas con placa de acero tipo moldaje colaborante (*steel deck*).

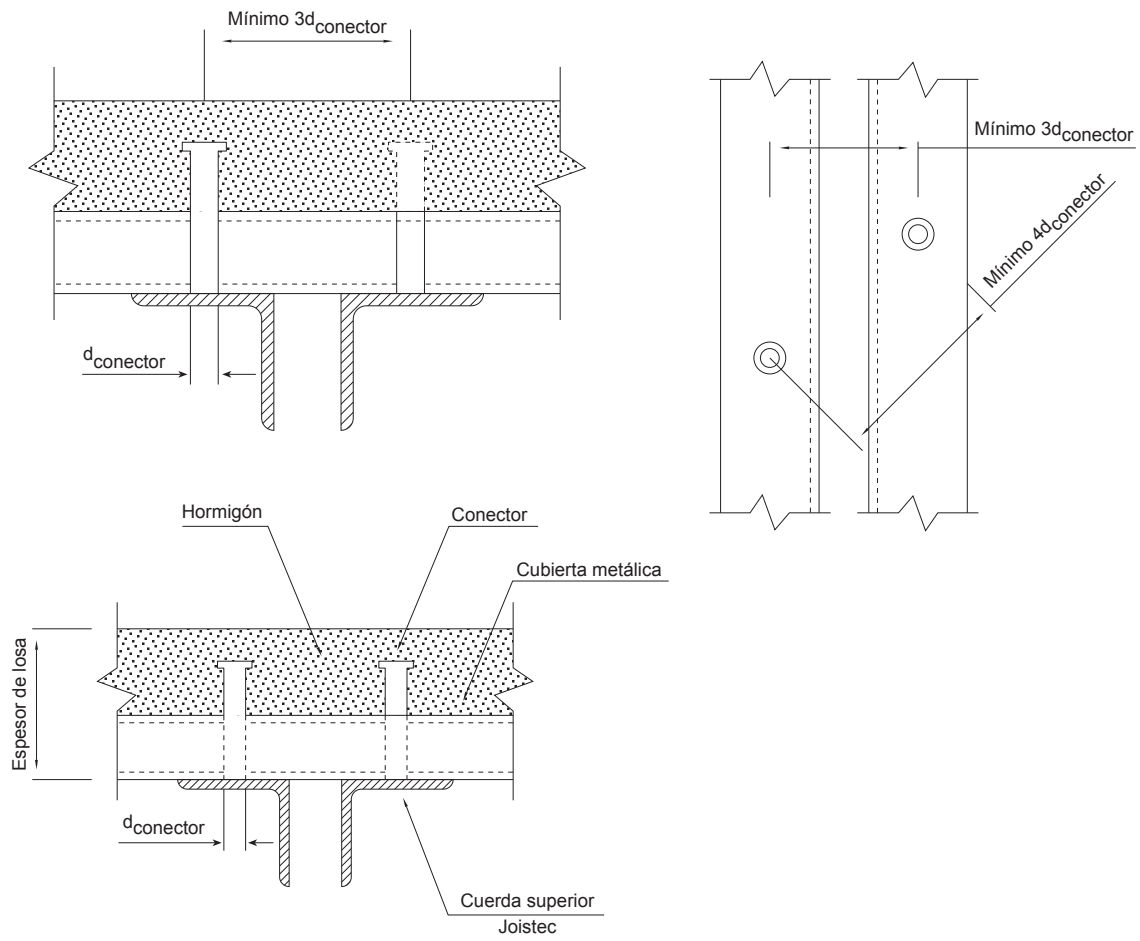
El Sistema Constructivo JOISTEC® no está restringido a edificios de tipo industrial o de bodegaje. En efecto, las soluciones de entepiso *Joistec*® se aplican con eficiencia en edificios de oficinas. Es común ver que estos edificios se solucionen mediante un núcleo central de hormigón armado que alberga los ascensores, la caja de escala y algunos servicios y shaft que, en combinación con un sistema de marcos perimetrales, de acero u hormigón armado, conforman la estructura portante del edificio. La unión estructural de este núcleo central y el manto perimetral se trata de hacer sin apoyos intermedios a fin de lograr plantas libres y flexibilidad del espacio interior. Las dimensiones que se presentan con frecuencia en este tipo de edificios se prestan para aplicar las *Joistec*® apoyadas en la viga perimetral y en el núcleo central. Sobre ellas se podrá proyectar la losa de hormigón armado según lo comentado antes.

En el Manual de Diseño del Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA (Segunda Edición, Junio 2015) las *Joistec*® están diseñadas para una sobrecarga directa sobre ellas sin considerar la colaboración de la losa de hormigón, por lo que la conexión de la *Joistec*® no requiere transferencia de corte. Bastará asegurar la ligazón entre la viga y la losa que evite el volcamiento de la viga, para lo cual se recomienda disponer de conectores según se comenta en el numeral 4.6.9.

El distanciamiento de las *Joistec*® de entepiso dependerá de las condiciones del diseño, las bases del cálculo estructural y de las características de la losa que la apoye.

Figura 3.7

Recomendaciones para la ubicación de los pernos conectores tipo Stud en sistemas de piso compuestos



3.10

Cerramientos

Se ha comentado que los cerramientos laterales de un edificio cuya cubierta sea resuelta con el Sistema Constructivo JOISTEC® se pueden ejecutar en cualquier material, dependiendo de las consideraciones de proyecto. Así, podrán ser muros macizos de albañilería o de hormigón armado los que reciban las cargas de las *Joistec*®. **Sin embargo, hay una aplicación muy interesante de las *Joistec*® a considerar, cual es su uso como columnas de viento.**

En efecto, para usar cerramientos en planchas y/o paneles aislados de chapas de acero, con total independencia de la materialidad, distanciamiento y altura de las columnas de apoyo, así como de las vigas que soporten la cubierta, se puede considerar el uso de columnas de viento ejecutadas con *Joistec*® dispuestas al distanciamiento que corresponda al tipo y al sentido en que se instale el cerramiento. Esto es especialmente interesante en edificios que presenten grandes alturas que exponen, en general, grandes superficies a las cargas de viento. La ventaja que representa el uso de *Joistec*® en estos casos es, nuevamente, el bajo peso de las estructuras, la esbeltez de la solución y la fabricación seriada que se puede alcanzar.

Para cerramientos de orientación horizontal se deberán disponer columnas de viento en base a *Joistec*® distanciadas según los requerimientos y características de la plancha o panel de revestimiento. Hoy en día, hay paneles aislados de revestimiento que pueden salvar luces de hasta 6.000mm, lo que redundaría en una enorme economía de columnas de viento. Para planchas acanaladas, dependiendo de la geometría, los distanciamientos se sitúan entre 1.000mm y 3.000mm.

Se recomienda consultar las fichas técnicas y/o catálogos de los fabricantes y proveedores.

Para cerramientos de orientación vertical se puede disponer de columnas de viento *Joistec*® a un distanciamiento adecuado a la solución de costaneras que se disponga. Las costaneras para recibir revestimientos verticales de cerramiento se disponen horizontalmente, o sea, con su sección mayor en el plano horizontal para tomar las cargas de viento (presión o succión). Lo anterior hace que la sección menor de la costanera quede en el plano vertical, con lo que se limita la luz que puede salvar sin deformarse por flexión. Una forma de contrarrestar esta deformación es disponiendo de colgadores verticales entre las costaneras (por economía, frecuentemente una barra de acero con hilo en sus extremos se suspende de la viga superior y que conecta las costaneras contiguas). Nuevamente, la cantidad y distanciamiento de las costaneras que corren horizontalmente en el cerramiento dependerá del tipo de plancha o panel de cerramiento. Sin embargo, un distanciamiento frecuente está alrededor de los 2.000mm.

3.11

Protección Contra el Fuego

La resistencia al fuego es un tema especialmente sensible en las estructuras metálicas. En Chile, la reglamentación de resistencia al fuego está establecida en el Título 4, Capítulo 3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), además de las Normas Chilenas allí mencionadas. La primera consideración importante a tomar en cuenta es determinar el tipo de edificio que se está proyectando, en función del destino, número de pisos, carga de ocupación y/o carga combustible, según corresponda.

Un comentario atinente a la reglamentación vigente y de algunas situaciones de excepción que permita un diseño adecuado de resistencia al fuego con el Sistema Constructivo *JOISTEC*® se detalla en el capítulo 4 siguiente, numerales 4.7.1 y 4.7.2.

3.12

Protección Contra la Corrosión

La corrosión es un conjunto de alteraciones físico químicas que sufre un metal/aleación por acción de determinados agentes naturales y/o agentes agresivos. En el caso del acero, los agentes naturales son la presencia de oxígeno y de agua. Entre los agentes agresivos están los iones cloruro entre otros. La corrosión es espontánea y continua y el riesgo de su ocurrencia es variable según el medio en que se sitúe la construcción y dependiente de condiciones locales que lo pueden aumentar (presencia de contaminantes, borde costero, etc.). Como se trata de un aspecto sensible para las construcciones en acero, el tema será abordado en detalle en el capítulo 4 siguiente, numeral 4.7.8.

3.13

Estructuras Mixtas

El Sistema Constructivo JOISTEC® es un sistema constructivo abierto que permite resolver la estructura de cubierta de edificios de grandes luces, incluyendo los sistemas de entresijos. Está concebido para dar respuesta a los requerimientos estructurales de un sistema de cubierta en que las *Joistec*® junto con las *Girder* y los demás componentes del sistema actúan como un sistema de costaneras para grandes luces, apoyado en vigas que, a su vez, están concebidas para salvar grandes luces. Con el Sistema Constructivo JOISTEC® se invierten los conceptos a los que estamos habituados y se privilegia instalar las costaneras en el sentido de la luz mayor y las *Girder* en el sentido de las luces menores. Aunque no es estricto, se sugiere una relación de 1:1,5 como una optimización tentativa de las luces de *Girder:Joistec*®. Sin embargo, el Sistema Constructivo JOISTEC® no está limitado a ser usado sólo en colaboración con las *Girder*. En efecto, se puede aplicar en combinación con las más diversas estructuras y materiales, dependiendo de las condiciones y de los requerimientos de proyecto.

a) Columnas

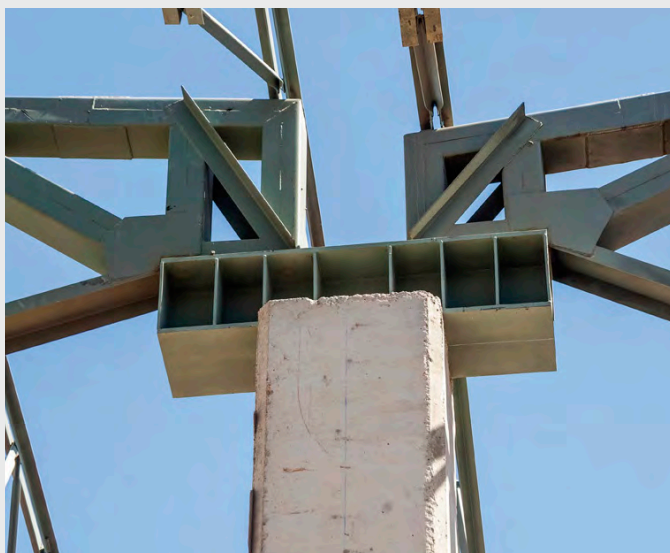
La disposición, ubicación y la materialidad de las columnas es una de las variables que deben ser analizadas cuidadosamente en el proyecto.

Las columnas de acero tienen la ventaja de su esbelteza con lo que aumenta la superficie útil del edificio resultante. Por otra parte, permiten conexiones relativamente fáciles de abordar en obra mediante soluciones soldadas o con pernos.



Las columnas de hormigón suelen ser más robustas que las columnas de acero, pero en ocasiones presentan otras ventajas que las hacen preferibles: su mejor resistencia al fuego y su menor demanda de mantenimiento ante el desgaste por rozamientos y/o impactos en la operación del edificio (circulaciones de vehículos, cargas, etc.).

Una columna de hormigón armado puede recibir perfectamente una *Girder*, para lo cual se deberán considerar los elementos de acero que permitan materializar la conexión. Estos pueden ser instalados como insertos a incluir en la columna antes del vertido del concreto o como elementos que se fijan posteriormente, mediante anclajes químicos según detalle de cálculo estructural.



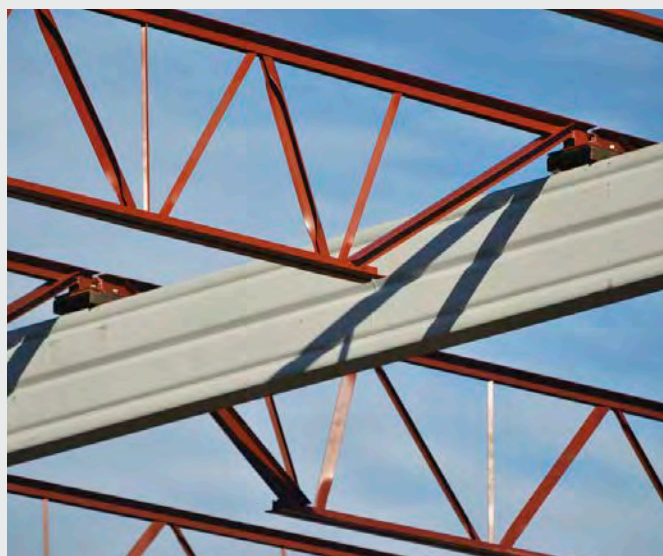
b) Muros

Ya hemos mencionado que, por consideraciones propias del diseño del edificio, en algunos casos es posible que las *Joistec*® se instalen directamente sobre un muro que sea, al mismo tiempo, el cerramiento perimetral del edificio o de alguna de sus secciones. La materialidad y conformación del muro dependerá las condiciones y requerimientos del uso.



c) Otras vigas de acero

Las *Girder* pueden reemplazarse por cualquier otra viga de acero que se adecúe al proyecto. Si no se dispone de una altura libre adecuada para instalar una *Girder* de esas dimensiones, se pueden usar vigas de alma llena que se adecúen mejor al proyecto y que, posiblemente, resulten de alturas menores. En el caso de una viga de alma llena se puede aspirar a alturas de viga del orden de $1/20$ y hasta $1/30$ de la luz, lo que en el caso de luces de 24,0m bajaría la altura a 1.200mm o hasta 800mm. En el caso de vigas de celosía y hasta vigas tipo Vierendeel, su altura se situará entre $1/10$ y $1/15$ de la luz.



No obstante lo anterior, es importante recordar que la experiencia indica que utilizar *Girder* en las líneas principales resulta más económico que las vigas de alma llena.

d) Vigas de Hormigón Armado

En el mismo sentido, se puede optar por instalar y fijar las *Joistec*® sobre vigas de hormigón armado, independiente se trate de vigas prefabricadas (pre-tensadas o no) o de vigas vaciadas en obra. En ambos casos es conveniente dejar los insertos de acero adecuados que permitan el asiento de las *Joistec*® y su fijación de acuerdo a las buenas prácticas y a las recomendaciones de diseño.

3.14

Ventajas

Como vemos, el Sistema Constructivo JOISTEC® ofrece una serie de ventajas las que, sumadas a su flexibilidad, permiten dar respuesta a una amplia serie de requerimientos de proyecto, siendo una herramienta al servicio del diseño de arquitectónico. En el capítulo

siguiente analizaremos, a modo de ejemplo, las consideraciones a tener en cuenta en el desarrollo de un anteproyecto con el Sistema Constructivo JOISTEC®. Sin perjuicio de ello, cabe reiterar algunas de las ventajas que el sistema ofrece:

- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® es una solución que se pone al servicio del proyecto de arquitectura para dar respuesta a los más diversos problemas a los que deba atender. El conocimiento de su concepción, estructuración y de las leyes básicas que lo rigen, permitirá a los arquitectos hacer mejor uso de sus potencialidades y atributos en beneficio del proyecto. El objetivo de este Manual es contribuir en parte a esta comprensión y dar respuesta a las inquietudes que los arquitectos puedan tener en la consideración de un proyecto a partir del uso del Sistema Constructivo JOISTEC®.
- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® permite cubrir grandes espacios (24m x 26m) con un mínimo de apoyos.
- ▶ Las estructuras diseñadas y construidas con el Sistema Constructivo JOISTEC® permiten aportar a la reducción del costo de construcción fundamentalmente por el bajo peso propio del elemento estructural lo que, adicionalmente, redundará en una disminución del peso de los otros elementos estructurales del edificio.
- ▶ Con el Sistema Constructivo JOISTEC® se logran amplios Layout debido a mayores distancias entre pilares y menores fundaciones y tiempo de montaje.
- ▶ El montaje del Sistema Constructivo JOISTEC® es panelizado.
- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® aporta a las construcciones LEED®.
- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® es un concepto abierto que se puede acoplar y complementar con distintas soluciones constructivas y estructurales que se adecúen al proyecto de cada edificio en particular.
- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® resuelve casos especiales de diseño, como *Joistec*® con pendiente, *Girder* con pendiente, *Joistec*® como puntales de cubierta, *Girder* como parte de un marco rígido, succión de viento y vibraciones que se analizan en detalle en el Manual de Diseño Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC®.
- ▶ El diseño con *Joistec*® y *Girder*, por tratarse de estructuras con almas abiertas, permite una gran libertad en el avance horizontal de sistemas de instalaciones.
- ▶ La disposición espalda-espalda de los 2 ángulos de las cuerdas inferiores reduce el riesgo de acumulación de polvo y humedad en comparación con las canales.
- ▶ El Sistema Constructivo JOISTEC® es un producto con calidad respaldada por AZA.



NAVE INDUSTRIAL ▶

2013



CAPÍTULO

4

ESTUDIO DE UN
ANTEPROYECTO CON EL
SISTEMA JOISTEC®

4.1

Introducción

Queremos entender un proyecto como *las necesidades y requerimientos del usuario-mandante puestas en el terreno, en consideración de las condiciones reglamentarias y económicas que lo afecten*. Todo ello, determina y da forma al proyecto, al que se llega siguiendo lo que llamamos proceso proyectual. En sus etapas iniciales, casi siempre está el arquitecto y su encargo, aunque suele convocar a distintos actores.

Nuestra intención no es explicar a los arquitectos cómo abordar el estudio de un anteproyecto, que es materia conocida y propia de la metodología de cada cual, sino colaborar aportando algunas consideraciones que pueden contribuir a simplificar el proceso de toma de decisiones iniciales. Eventualmente, aspiramos que estas consideraciones permitan responder a algunas de las preguntas a las que, con frecuencia, nos vemos enfrentados.

En este sentido, queremos proponer una secuencia de actividades relacionadas con las decisiones de aplicar el Sistema Constructivo JOISTEC® que le permitan contar con una herramienta para ordenar sus decisiones. Lo anterior en honor a que para cada proyecto en particular habrá una o varias alternativas estructurales y constructivas más o menos adecuadas a los requerimientos del uso y a las condiciones del terreno.

Sin perjuicio de que las actividades detalladas abajo se puedan realizar simultánea e integradamente, para efectos de su descripción las hemos separado y puesto en una secuencia que podrá ajustarse a los tiempos y metodologías propias de cada estudio de arquitectura.

4.2

Requerimientos del Proyecto

La primera pregunta que deberemos abordar es determinar con precisión cuáles son los requerimientos del proyecto, incluyendo el destino y uso del edificio.

Destino

El Sistema Constructivo JOISTEC® es particularmente adecuado para edificios de uno o más pisos, de grandes plantas libres, cuyo destino corresponda a actividades productivas como industrias o bodegas, talleres o centros de distribución.

Sin embargo, también es extraordinariamente efectivo en otro tipo de destinos que demanden grandes superficies construidas, grandes luces y/o grandes superficies liberadas de apoyos intermedios. Es el caso de hangares, supermercados, marquesinas, gimnasios y salas de teatro o cine. El detalle anterior no excluye otros usos o destinos, sólo aspira a servir de ejemplo.

Superficie

Aunque no hay ninguna restricción de carácter técnico que fije un límite inferior en materia de superficie, hay que mencionar que el Sistema Constructivo JOISTEC® está concebido para producir y optimizar economías de escala en la construcción de los edificios. En este sentido, aplicado a un proyecto de grandes dimensiones, especialmente si tiene requerimientos de plantas libres, ciertamente será más eficiente que si se usa en soluciones de escala menor o que, por razones de su concepción o del uso del espacio interior, no demanden grandes luces. En términos generales, se estima que la utilización del Sistema Constructivo JOISTEC® es eficiente cuando se separan los marcos a más de 10m en naves livianas y más de 6m cuando se ocupa como elementos de entrepiso.

Geometrías: Luces y Plantas Libres:

Como se ha comentado, el Sistema Constructivo JOISTEC® es una combinación de elementos que actúan tanto de costaneras (*Joistec*®) como de vigas (*Girder*).

El sistema es flexible en tanto se puede hacer uso de las *Joistec*® apoyadas en cualquier otro tipo de soporte en los extremos, haciéndolo complementario a otros sistemas constructivos. En las series estándar que se acompañan en este Manual (ver tablas Cargas de Diseño en el Capítulo 3, numeral 3.7), se presentan las capacidades de carga total de las *Joistec*® y *Girder*, para distintos largos, consignando su altura y su peso en cada caso.

Como se puede observar, las *Joistec*® están en un rango de 6.0m a 26.0m de largo, en tanto las *Girder* están entre los 12.0m y los 24m de largo. Ésto nos da una idea inicial de los rangos dimensionales en las que su uso será una solución esperablemente eficiente.

Layout Inicial o Disposición Óptima

Se puede establecer una condición óptima o ideal del edificio, sólo en función del uso o destino que albergará, haciendo una primera propuesta “teórica” de la forma o geometría “ideal”. En algunos casos el estudio de la organización funcional de la planta y la disposición del *Layout óptimo*, fija condiciones o modulaciones inmodificables.

Un ejemplo extremo de lo anterior lo representan los hangares para aviones, en los que la luz a salvar está determinada por la envergadura de los aviones a atender. En otras ocasiones, la combinación de anchos de pasillos (en función de las dimensiones de materiales o productos a movilizar) con la profundidad de los anaqueles que recibirán los productos determinan una modulación (o paso) cuyo rango de flexibilidad puede ser limitado. No obstante, también existen tipos de usos o procesos cuyo *Layout* es bastante más flexible.

Cualquiera sea el caso, es importante tener presente los grandes distanciamientos posibles entre los apoyos que permite el Sistema Constructivo JOISTEC® hace que las interferencias entre la estructura y la organización del *Layout* se circunscriba a algunos pocos puntos específicos.

En ese contexto, las plantas regulares y los distanciamientos iguales para los distintos elementos son deseables, ya que contribuyen a facilitar la fabricación y montaje de la estructura. Sin embargo y precisamente porque se trata de un sistema prediseñado y de fabricación industrializada, lo anterior no es un dogma. El Sistema Constructivo JOISTEC® se puede adecuar al diseño que mejor se ajuste a las necesidades del encargo y del terreno. El análisis deberá considerar esta condición de adaptación de las estructuras *Joistec*® conjugándolas con la tendencia a la mayor racionalización posible que debería privilegiar el uso de elementos repetitivos. Este desafío no es nuevo para los arquitectos y ha sido abordado con éxito en muchos proyectos.

El ejercicio anterior puede ser de utilidad para conocer una condición óptima de aquello que se ha de albergar dentro del edificio. Sin embargo, no será suficiente con conocer las dimensiones básicas del edificio teórico posible, hay que incluir las condiciones del terreno.

4.3

Terreno y Emplazamiento

Preferentemente a partir de un levantamiento topográfico del terreno se puede hacer un estudio básico de la cabida permitida por el Instrumento de Planificación Territorial (o Plan Regulador) que determina, entre otras cosas, el destino permitido, las zonas de restricción, la ocupación de suelo, la constructibilidad, las alturas permitidas, los distanciamientos, etc. Esta información contenida en los Planos Reguladores está disponible en todos los municipios del país, muchos de los cuales ya la tienen actualizada en sus respectivos sitios web, pero se deberá oficializar mediante el respectivo Certificado de Informes Previos emitido por las Direcciones de Obras de cada municipio.

El estudio de cabida dará luces sobre el o los volúmenes efectivamente construibles sobre el terreno, los distanciamientos a los medianeros, los antejardines y otras variables que afecten al edificio y al terreno. Una vez elaborado el estudio de cabida, las primeras consideraciones a tener presente serán analizar la geometría de la planta y la relación y dimensiones de sus lados. Esto en atención a optimizar las geometrías y luces en las que el Sistema Constructivo JOISTEC® es más eficiente constructiva y económicamente. Así, se podrán hacer distintas aproximaciones que aseguren encontrar una solución que optimice la modulación de la estructura en función de las posibilidades del terreno y los requerimientos del *Layout*.

4.4

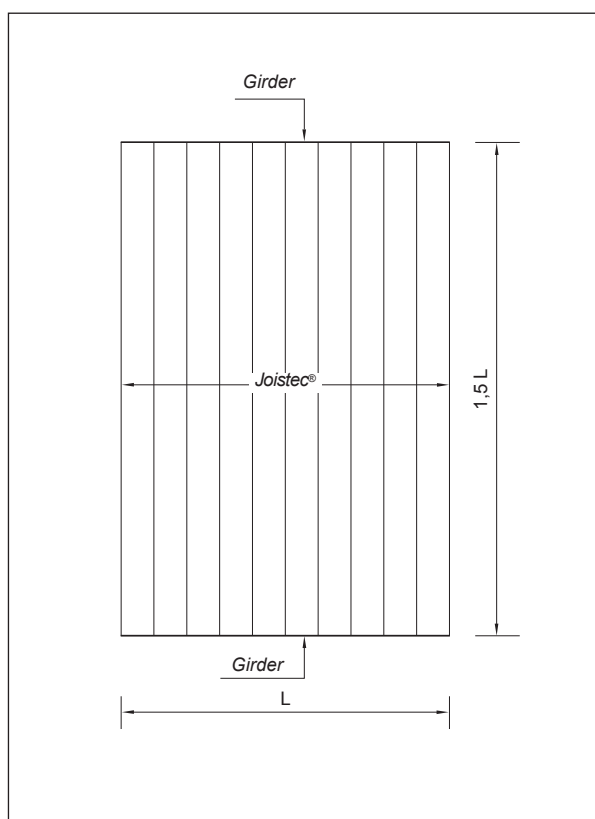
Modulaciones Preliminares

El estudio de cabida permite tener una primera aproximación a una modulación de la estructura del edificio. Al respecto, reiteramos algunas recomendaciones:

- ▶ Se ha demostrado que la utilización de *Girder* es más económica que la utilización de vigas de alma llena, por lo que, si la altura de construcción lo permite (recuerde que las *Girder* son más altas: ver en tablas 3.7.5 y 3.7.6 de la serie estándar), es conveniente utilizar el Sistema Constructivo JOISTEC® completo, es decir *Joistec*® y *Girder*.
- ▶ En edificios de plantas regulares, resulta más eficiente utilizar las *Joistec*® en los largos mayores y las *Girder* en los largos menores. Una buena relación entre ellas es de 1,5.
- ▶ El distanciamiento recomendado entre las *Joistec*® de techumbre (que actúan como costaneras) es usualmente de 1,50m. Este distanciamiento es variable y está limitado en función del tipo de cubierta a instalar. Ocasionalmente algunas soluciones de cubiertas permiten distanciamientos mayores, lo que puede representar una reducción de los costos de la subestructura. Sin embargo, es conveniente asegurar que esta disminución de costos no sea sobrepasada por el aumento de peso y costo de la plancha de cubierta. El análisis económico de la solución de cubierta debe hacerse integrando los costos (y pesos) del sistema completo, incluyendo *Girder*, *Joistec*® y cubierta.

Figura 4.1

Modulación recomendada



Lo anterior permite llegar a una propuesta inicial de modulación óptima de la estructura en función del terreno. Corresponderá tener la certeza que dicha modulación dialoga y se coordina bien con los requerimientos funcionales de la planta.

4.5

Layout y Modulación Final

El *Layout* inicial u óptimo de la planta del edificio debe ahora ser contrastado con las alternativas de modulación comentadas. De la superposición de estas grillas básicas que responden, por un lado, a la optimización de la estructura en función del proceso y por otro, a la optimización de la estructura en función del terreno deberá ser posible encontrar una propuesta básica de modulación final de la estructura. Algunos elementos de juicio a tener presentes son:

- ▶ Recuerde que mientras más regulares sean las dimensiones de cada uno de los elementos, más eficiente será el proceso de fabricación y montaje, lo que permitirá reducir o controlar los riesgos de errores y permitirá ir aumentando progresivamente los tiempos y ritmos de producción y montaje a medida que aumenta la experiencia de los equipos humanos involucrados.
- ▶ Identifique con precisión los puntos críticos del *Layout* a fin de individualizarlos, analizarlos y poder caracterizarlos. Considere que hay distintas formas de enfrentar y/o resolver las inconsistencias o incompatibilidades entre *Layout* y estructura.
- ▶ En ocasiones se podrán hacer correcciones o modificaciones en el *Layout* sin necesariamente tener que modificar la modulación de la estructura.
- ▶ Según sea el caso, puede ser más eficiente identificar una (o pocas) situaciones singulares que demanden una solución de diseño puntual antes de alterar o hacer muchos cambios de modulación.
- ▶ Si ninguna de las estrategias anteriores es posible, considere que con un proceso de fabricación y de montaje bien concebido también se puede ajustar sin problemas a cambios de modulación. Esto último es especialmente posible en el proceso de fabricación de los elementos que componen el Sistema Constructivo JOISTEC® ya que se producen en un sistema de fabricación en línea que se ajusta a la coordinación Cad-Cam.

4.6

Consideraciones de Diseño

Una vez hechos los modelos mencionados anteriormente y encontrada una solución de modulación estructural que se adecúe a las necesidades del programa y a las posibilidades del terreno, es posible hacer una aproximación más de detalle al anteproyecto y prepararlo para una presentación y discusión con los consultores de materia de cálculo estructural, las especialidades que corresponda y el análisis de constructibilidad. En éste último aspecto deberían incluirse los expertos en construcción y/o de gerenciamiento del proyecto, así como los potenciales fabricantes y proveedores tanto de la estructura como de los demás componentes y servicios concurrentes en la materialización de la obra.

Hay que tener presente que, aunque un proyecto responda a un volumen aparente y formalmente simple, existen una diversidad de variables y de consideraciones que será necesario sopesar oportunamente. Abordaremos algunas que nos parece interesante comentar desde la perspectiva del Sistema Constructivo JOISTEC®.

4.6.1

Antecedentes

No está demás reiterar la necesidad de contar con alguna documentación e información crítica para el estudio del anteproyecto. Entre ellos no deberían estar ausentes el Certificado de Informaciones Previas, un levantamiento topográfico y el estudio del informe de mecánica de suelos. Estos antecedentes entregan información básica y crítica para el estudio de un anteproyecto en un terreno determinado.

Dadas las lecciones que surgen cada vez que debemos enfrentar sismos destructivos en Chile y de las actualizaciones de normativas y reglamentos que de ello deriva, el estudio de mecánica de suelos es irrenunciable, así como las consideraciones de riesgos a los que pueda estar expuesto el emplazamiento, como zonas de derrumbes, riesgo de tsunamis, inundaciones, etc. Una serie de otros antecedentes necesarios para la tramitación de un proyecto de arquitectura, como los certificados de factibilidad de dotación de servicios como agua potable, alcantarillado y electricidad, certificados de línea y número, certificados de dominio, no expropiación, afectación a servidumbres y muchos otros que no serán comentados aquí por ser ajenos al objetivo de este texto.

4.6.2

Planta

A partir de la modulación estructural inicial propuesta para el edificio disponemos de una información basal que nos habla de la planta general del edificio y de sus posibles y probables ejes estructurales y apoyos. Tanto el estudio del programa como las disposiciones del Plan Regulador Comunal nos permitirán develar las alturas del edificio o, al menos, los rangos en los cuales se desarrollará el volumen construido. Por otra parte, la modulación asumida y los informes de mecánica de suelos, permitirán pre dimensionar las columnas y tomar algunas decisiones respecto de los arriostramientos requeridos para contrarrestar los esfuerzos horizontales.

Existe pues información suficiente para plantear una planta de anteproyecto que no sólo distribuya los elementos de la estructura, sino que dé cuenta de los requerimientos de distribución, zonificación, funcionales y operacionales del edificio. Son relevantes las circulaciones, los accesos, los sistemas de cerramiento, las compartimentaciones, todo aquello que configura y da forma a la planta.

4.6.3

Altura

Siguiendo en este mismo sentido de la reflexión, serán oportunas y relevantes las decisiones respecto de las alturas libres mínimas necesarias para la habilitación del edificio. Un proceso productivo o de bodegaje demanda alturas que pueden no ajustarse a las dimensiones usualmente utilizadas en otro tipo de construcciones, como colegios, por ejemplo. Del mismo modo, un gimnasio o una piscina cubierta tendrán requerimientos de altura libre interior específicos para cada función.

Determinar las alturas libres interiores necesarias y la cantidad y naturaleza de los pisos a proyectar es incidente en la altura total y en el volumen del proyecto. Es importante insistir en que los sistemas de envigados y de costaneras que ofrece el Sistema Constructivo JOISTEC®, aunque muy eficientes en cuanto a salvar grandes luces, demandan unas alturas de *Girder* (vigas) que deben ser consideradas inicialmente. Para éstos efectos, es conveniente recurrir a las tablas de cargas y pesos que se adjuntan en el Capítulo 3, numeral 3.7 de este Manual.

Allí, por ejemplo, podrá determinar que para luces de 12,00m, la altura de la *Joistec*® variará entre 500mm y 800mm, dependiendo de las cargas en cualquier método de diseño estructural que se aplique (ASD o LRFD). Del mismo modo, se podrá determinar las alturas de las *Girder* que, para el mismo ejemplo de 12,00m de luz, tendrá una altura de 1.000mm con distintas alternativas de espaciamientos, cargas y peso final del elemento.

Es recomendable hacer siempre la evaluación de la altura libre mínima de operación bajo el cordón inferior de las *Joistec*® con un margen de seguridad adecuado (movimiento de equipos, sobrealtos, etc.) y verificar si la

altura resultante bajo la *Girder* es suficiente y no va a generar un cuello de botella en la operación del recinto. Como se puede apreciar, la solución de estructura de cubierta del Sistema Constructivo JOISTEC® puede llegar a implicar 1,80m de altura adicional a la altura interior mínima de operación.

A lo anterior se debe agregar las necesarias pendientes de la cubierta que aseguren el escurrimiento de las aguas lluvias. Para ello, el conocimiento de la zona climática en que se emplaza el edificio permitirá conocer las condiciones basales del clima, su régimen de precipitaciones y, especialmente en un escenario de cambio climático, las precipitaciones máximas por hora que pueden afectar al edificio. Hoy en día, los datos pluviométricos más importantes en el diseño de grandes cubiertas no son las precipitaciones anuales o mensuales si no las máximas diarias o aún horarias. Son éstas las que podrían saturar los sistemas de escurrimiento, recolección y evacuación de aguas lluvias. Por otra parte, es importante conocer y considerar otros antecedentes que surgen de las condiciones del clima: régimen de vientos, temperaturas medias, mínimas y máximas, humedades relativas, entre otros. Todos estos antecedentes nos orientarán respecto de las decisiones de cerramientos y cubiertas.

También son importantes las decisiones respecto de las aberturas, cerramientos, transparencias, iluminación natural y sistemas de protección (solar o de seguridad) que se incorporarán al edificio puesto que tendrán, en algunos casos, impacto sobre las estructuras secundarias del edificio.

4.6.4

Volumen y pendientes

Con los antecedentes descritos previamente y las consecuentes decisiones proyectuales, aparece por primera vez el volumen posible del proyecto. Existen múltiples programas y herramientas hoy en día que permiten visualizar un volumen proyectado y analizarlo desde todos los puntos de vista imaginables, tema que no abordaremos aquí.

No obstante, nos parece conveniente recalcar un aspecto que puede ser de especial interés para los arquitectos en la etapa de anteproyecto. Hablamos de la idea de la libertad de diseño que pueda ofrecer el Sistema Constructivo JOISTEC®. En lo que respecta al volumen construido, sólo queremos mencionar que las *Joistec*® se pueden perfectamente instalar con pendientes distintas de las mínimas con las que frecuentemente se las asocia y representa. Si las diversas variables que inciden en el diseño de un edificio lo hacen necesario o recomendable, las *Joistec*® se pueden instalar con cualquier pendiente.

La única consideración importante es que, para los efectos de aplicar las tablas de carga, se deberá contemplar siempre la longitud efectiva de la *Joistec*® (medida a lo largo de la pendiente). Para estos efectos, no se puede aplicar sólo la luz que salvan.

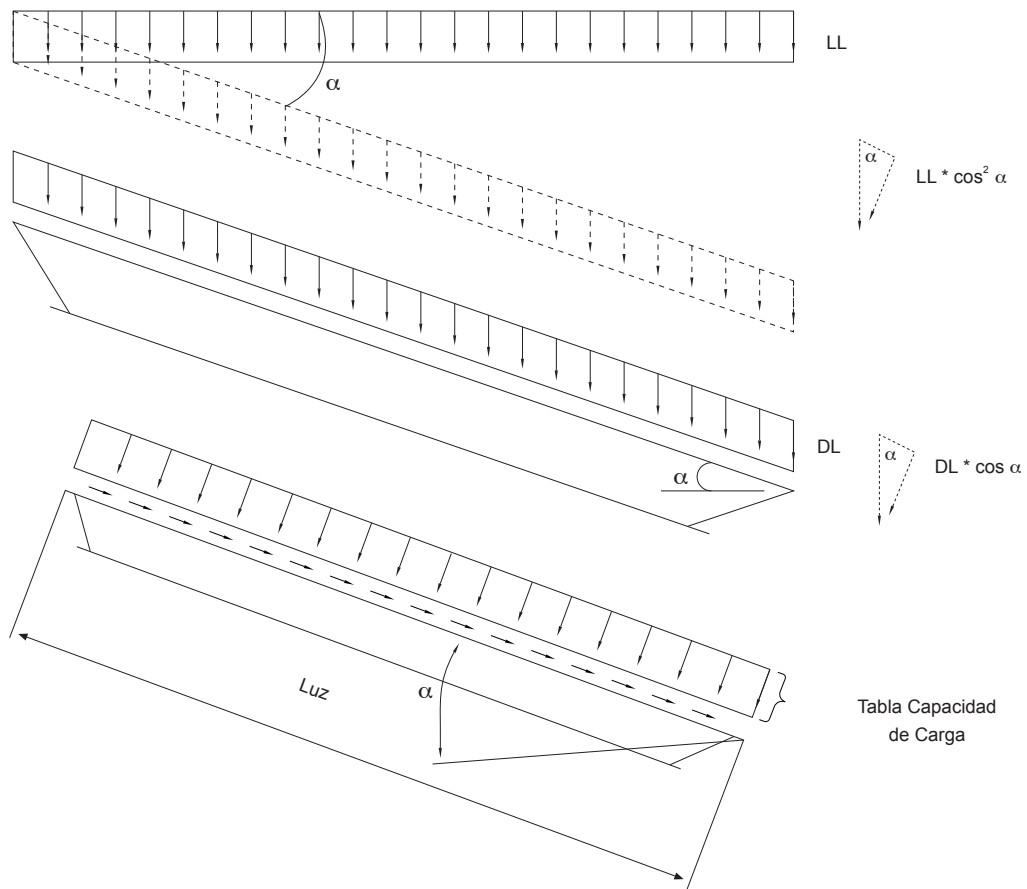
Por otra parte, las tablas de carga para las *Girder* están calculadas para pendientes máximas del 5%. Esto, nuevamente, no quiere decir que no se puedan instalar con pendientes superiores. Sin embargo, en este caso, no hay una fórmula que se pueda aplicar con facilidad a partir de las tablas de carga que se presentan, por lo que necesariamente se deberá consultar al

Departamento Técnico JOISTEC® de AZA

(joistec@aza.cl).

Figura 4.2

Joistec® con pendiente



4.6.5

Columnas o muros

Como es sabido - y ya se ha comentado - el apoyo de las *Joistec*[®] se puede hacer sobre *Girder* o sobre otros elementos estructurales, tales como vigas de acero de alma llena, vigas de hormigón o muros soportantes.

La decisión entre las distintas alternativas debe surgir de las condiciones del propio proyecto, de la libertad de movimiento y continuidad espacial deseada y de las estrategias de cerramiento perimetral del edificio. Aunque en general la tendencia es a materializar los proyectos apelando a una solución que privilegie las plantas libres y, consecuentemente, los apoyos en columnas, hay circunstancias que podrían hacer recomendable otras alternativas. Para abordar lo anterior, comentaremos a continuación algunos aspectos que pueden orientar en esta decisión.

TIPOS DE COLUMNAS

Si la decisión se orienta hacia las plantas libres se puede apelar a distintas opciones de columnas. La selección de la columna adecuada dependerá, nuevamente, de las condiciones de servicio a las que estará expuesta la estructura y del diseño de la estructuración general del edificio. Sin embargo, existen algunas características propias de cada una de ellas que se pueden tener en cuenta.

a) Columnas de acero

Las columnas de acero tienen evidentes ventajas dimensionales y de peso: una columna de acero posiblemente resulte en una sección significativamente menor que una columna de hormigón, sección que estará determinada por la sobrecarga, los esfuerzos horizontales (viento y sismo) pero también por la altura. Si bien el acero permite esbelteces muy altas, ella está limitada por la deformación lateral o pandeo. Por otra parte, una ventaja

importante de las columnas de acero es su condición prefabricada y la velocidad y facilidad de montaje que ello representa.

La posibilidad de fabricarlas fuera del lugar de la obra, transportarlas a terreno, manipularlas y montarlas con relativa facilidad, tiene un impacto importante en los plazos y en los requerimientos de personal (y hasta de bodegaje) en obra.

En el caso de las columnas de acero se pueden utilizar y aplicar distintas soluciones, desde columnas compuestas o de celosía, columnas de perfiles conformados en frío (limitadas por las dimensiones comerciales en existencia) columnas de alma llena, laminadas (IPE, HEA o HEB) o soldadas.

Entre las restricciones que hay que considerar para el uso de columnas de acero se encuentra la exposición a impactos por tránsito de maquinarias o vehículos pesados y las exigencias de resistencia al fuego que se deban cumplir.

Respecto de las primeras, los golpes producto de vehículos (por ej., grúas horquilla) pueden producir deformaciones que, sin necesariamente comprometer la estabilidad del edificio, alteren su geometría afectando eventualmente la superestructura de envigados y cubierta. Para contrarrestar este riesgo, se suelen levantar pedestales de hormigón hasta la altura expuesta a impactos, sobre los cuales se montan las columnas de acero.

El otro aspecto determinante es la resistencia al fuego. Como comentaremos más adelante, las estructuras soportantes verticales de una edificación está afecta a exigencias de resistencia al fuego que varía de F30 (mínimo) a F 120 (máximo), dependiendo de la clasificación del edificio. Para lograr estas resistencias se puede apelar a distintas soluciones que incluyen recubrimientos de pintura intumescente (siempre que se cumpla con las condiciones de masividad y de no sobrepasar la exigencia

de F-90) hasta revestimientos con planchas y/o estucos que mejoren la resistencia al fuego de la columna aislada. Ambas soluciones tienen algún impacto sobre los costos de instalación y/o de mantenimiento que habrá que evaluar en su justa medida.

b) Columnas de hormigón

Con frecuencia se recurre a columnas de hormigón, entre otras consideraciones, por la solución que aportan en materia de resistencia a los impactos y por su mejor resistencia al fuego a costos de mantención casi inexistentes. Sin embargo, las columnas de hormigón suelen ser lo opuesto a las columnas de acero en materia de peso y sección.

Mayores secciones (posiblemente el doble en ambos sentidos) y mayor peso (aproximadamente un 50% mayor) tienen un impacto sobre el espacio disponible y sobre las fundaciones que se deberá tener en consideración. Otro aspecto importante de las columnas de hormigón es su compleja faena cuando se trata de columnas de hormigón vaciadas en obra. Preparación (que podría prefabricarse en taller) e instalación de enfierradura; preparación, instalación y afianzamiento de moldajes; vertido y vibrado del hormigón (con los problemas de vaciado superior de alturas importantes y restricciones de espacio por enfierraduras), vibrado, curado, descimbrado, etc. son actividades que demandan personal, tiempo y organización especial en obra a fin de lograr un ritmo y avance adecuados.

Todas estas faenas que recaen sobre la administración de la obra y exigen una gestión de recursos eficiente se pueden reducir si se proyectan columnas de hormigón prefabricado. Éstas, en la medida que sólo lleven armadura pasiva se pueden hacer tanto en planta como a pie de la obra. Las columnas de hormigón prefabricado permiten resolver y minimizar en buena medida parte de las complejidades del vaciado en obra. Incluso el vertido y vibrado del concreto en la prefabricación a pie de obra, es más sencillo, puesto que se hace en posición horizontal del elemento.

Se requerirá, sin embargo, algún cuidado en el diseño de los puntos de izaje de las columnas prefabricadas de hormigón, cuestión que las plantas de prefabricado tienen plenamente internalizado y solucionado. Adicionalmente, se requerirá de equipos de levante apropiados a las dimensiones y al peso de las columnas de hormigón prefabricado. Pese a ello, son soluciones ampliamente utilizadas.

4.6.6

Arriostramientos

La resistencia lateral de los edificios puede ser abordada a partir de soluciones de arriostramientos o marcos arriostrados, por marcos rígidos o por una combinación de ambas soluciones. En un país sísmico como el nuestro, no se debe minimizar la recomendación de considerar marcos arriostrados.

Pese a que es perfectamente posible diseñar edificios en base a marcos rígidos, éstos suelen ser más pesados (y más costosos) que los marcos arriostrados. Las *Girders* se pueden hacer trabajar en conjunto con las columnas para conformar marcos rígidos, para lo cual se deberán tomar algunas precauciones que se comentarán más adelante.

Pese a lo anterior, incluir arriostramientos ha demostrado ser una alternativa que ha dado muy buenos resultados ante los sismos en Chile. Una recomendación generalmente aceptada es considerar por lo menos un 20% de los marcos arriostrados.

Esto se puede hacer de distintas formas y con distintos materiales. Los arriostramientos más comunes son los que se muestran a continuación.

En general, en estructuras de acero, dado su peso relativo menor, los arriostramientos pueden ser elementos bastante esbeltos, especialmente en edificios de uno dos pisos. Esto debido a que se puede diseñar el arriostramiento para trabajar en tracción. Si los arriostramientos trabajan en compresión sus dimensiones serán sensiblemente mayores por el riesgo de pandeo. Una de las condiciones que siempre se debe cumplir en el caso de los arriostramientos diseñados para trabajar a tracción es conservarlos debidamente tensos, lo que en el caso de usar cables demanda un cierto grado de

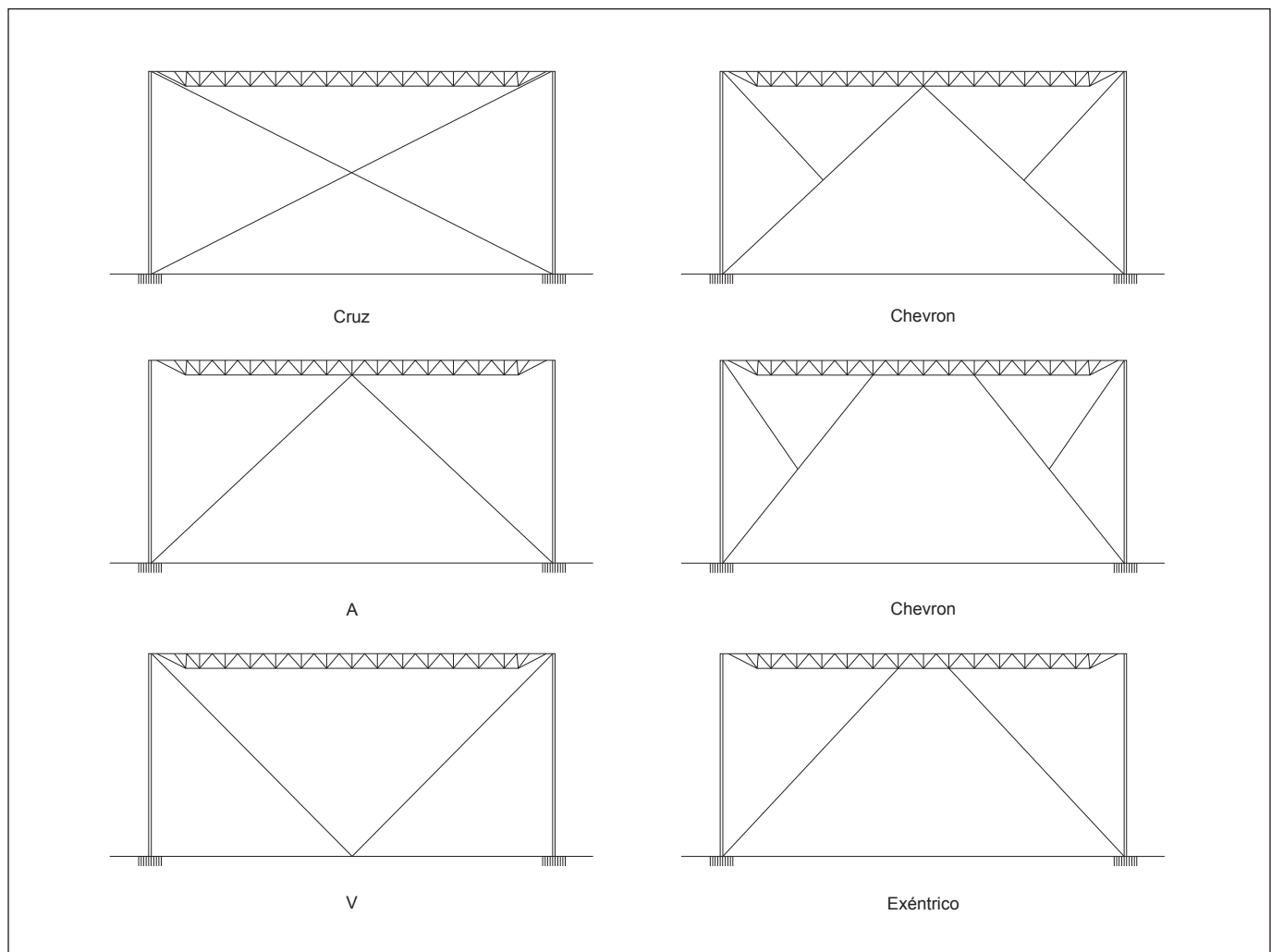
control a lo largo de la vida útil del edificio. Un arriostramiento robusto que trabaja en compresión no estará sometido a estas condiciones de inspección.

Pese a los atributos en materia de respuesta frente a solicitaciones horizontales de sismo o viento y a sus ventajas en materia constructiva y de costos, los arriostramientos representan algunas restricciones en el espacio y pueden, ocasionalmente, ser incompatibles con las necesidades del *Layout*.

Cuando el edificio es una nave simple y los arriostramientos se sitúan en los marcos perimetrales, la restricción puede limitarse y, en consecuencia, ajustarse a los requerimientos de accesos en los frentes en que se deba disponer. Un poco más restrictivo puede ser el caso de los edificios de múltiples naves en los que los arriostramientos pueden limitar en forma importante el espacio y las circulaciones interiores. Una alternativa ante dichas limitaciones son los arriostramientos excéntricos.

Figura 4.3

Ejemplos de arriostramientos



Otra forma de responder a los esfuerzos horizontales es mediante muros de corte que, en reemplazo de los arriostramientos, ofrecen la rigidez necesaria en el sentido del eje en que se disponen para contrarrestar el sismo. Es evidente que estas soluciones aumentan las restricciones al

espacio comentadas arriba. Por otra parte, son soluciones poco frecuentes en edificios de un solo piso. Sin embargo, en algunas ocasiones, se pueden combinar las ventajas de rigidez que ofrecen estos muros con alternativas de cerramiento, como comentaremos en el punto siguiente.

4.6.7

Cerramientos perimetrales

Una variable importante en la solución de un edificio es el tratamiento de sus fachadas. La fachada, aún en construcciones simples, es la cara que el edificio entrega a la ciudad, es su presentación. El diálogo y la relación del edificio con el entorno, con la ciudad o el paisaje rural, se dan en parte a través de lo que expresa y expone su fachada. Por cierto, el edificio es un todo, una entidad que se sitúa e interactúa como tal con el lugar, por lo que la fachada no es la única forma en que se expresa esta relación que hace singular al edificio. Pero es la piel que envuelve el corpus del edificio, una piel que puede ser más o menos activa, con más o menos espesor y profundidad, con más o menos capas, una piel que se concibe aportando más o menos al acondicionamiento físico ambiental del edificio.

Hoy en día existen una gran variedad de soluciones de revestimientos de planchas y paneles de acero de distinta configuración, geometría, prestaciones y colores. Frecuentemente son planchas o paneles que contienen nervaduras que le dan sentido y orientación al revestimiento. Estas nervaduras le otorgan, además, ciertas propiedades soportantes que le son propias a cada diseño y que demandan distintas soluciones a la estructura de apoyo. Esta consideración no es menor, puesto que exigirá elementos soportantes verticales u horizontales, según sea el caso.

El Sistema Constructivo JOISTEC® permite dar una gran flexibilidad de diseño a esta condición de estructuración de las pieles de cerramiento del edificio. En efecto, la *Joistec*® puede ser utilizada como columna de viento para soportar indistintamente las costaneras que recibirán el revestimiento vertical o el revestimiento horizontal directamente aplicado a ellas.

Todas las consideraciones relativas a los dimensionamientos y estructuración de los cerramientos deberá hacerse respetando las recomendaciones del fabricante del revestimiento, las condiciones de viento de la zona de emplazamiento y según lo disponga el proyecto de cálculo estructural.

No obstante lo señalado anteriormente, hay otras soluciones que pueden ser de interés en determinados proyectos. En efecto, consideraciones de seguridad ante la intrusión o consideraciones de resistencia al fuego, pueden llevar a proponer cerramientos más robustos y/o resistentes, como muros de albañilería confinada o aún de muros de hormigón. Con frecuencia estos muros macizos no se hacen de la altura completa del cerramiento si no que sólo hasta cierta altura que luego se complementa con cerramientos de planchas de acero.

Será el proyecto de cálculo estructural quien determine si estos cerramientos son independientes o se integran a la estructura de columnas que soportan las *Girder* y las *Joistec*® o incluso si estos muros por sí mismos pueden constituirse en la estructura propiamente tal que soporte la cubierta. Por cierto, esto último también dependerá de consideraciones de cálculo estructural derivadas de la altura total del edificio, de la longitud del muro y de las soluciones que el proyecto deberá considerar. Sin perjuicio de ellas, se podrá considerar que la coronación del muro será, probablemente de hormigón armado y que sobre ella se podrá, perfectamente, diseñar un apoyo directo de las *Joistec*®, descartando el uso de las *Girder*.

Figura 4.4

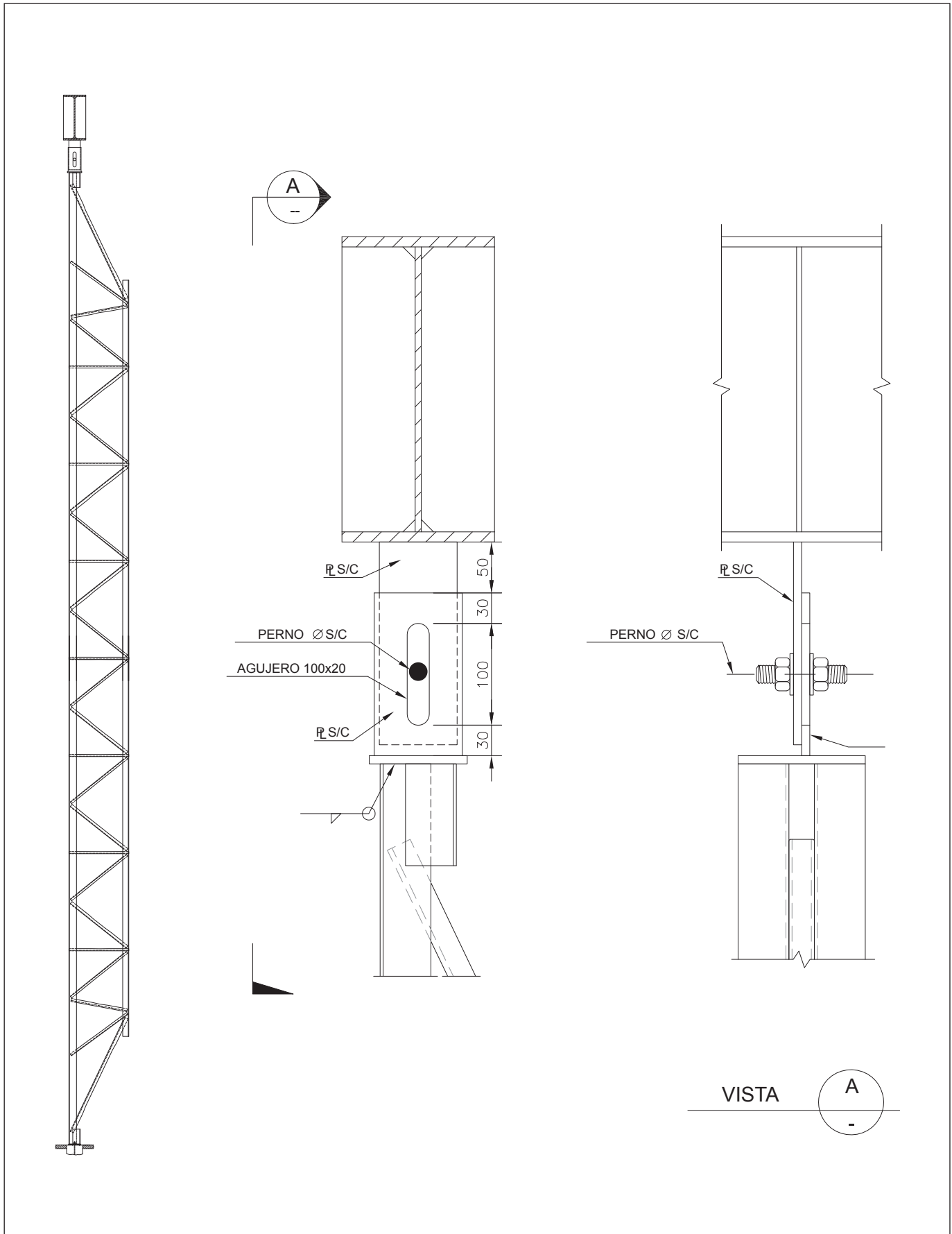
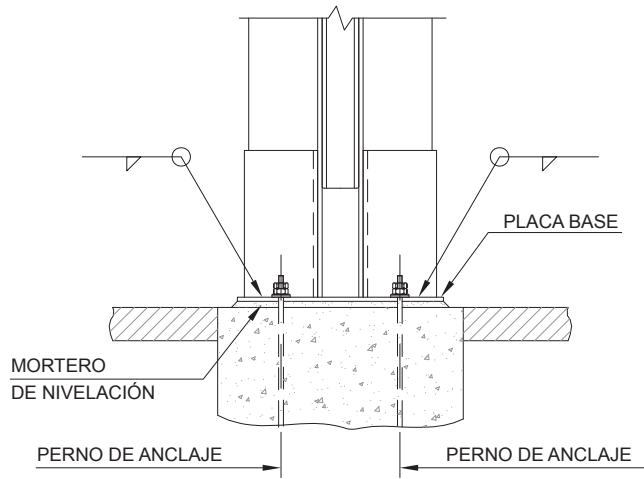
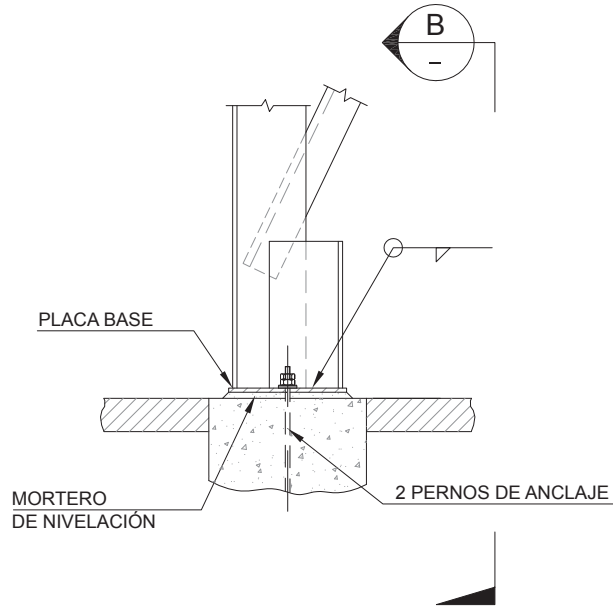
Joistec® como columna de viento

Figura 4.4 (continuación)

Joistec® como columna de viento



VISTA

B

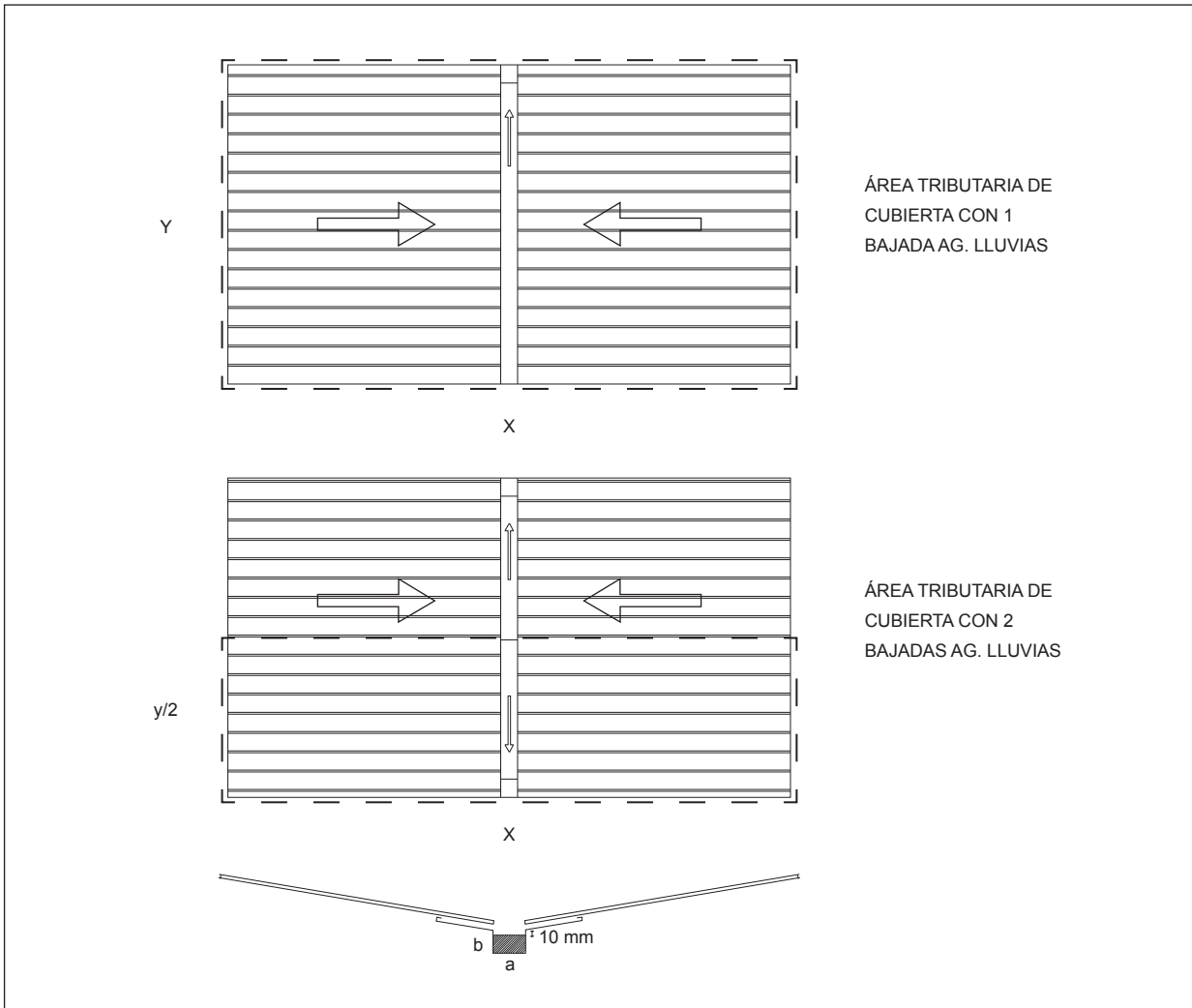
4.6.8

Evacuación de las aguas lluvias y pendientes de cubiertas

Todo proyecto de grandes cubiertas debe considerar oportunas soluciones para la segura evacuación de las aguas lluvias lo que determinará distintas soluciones de pendientes de cubiertas y el diseño de un sistema de

canaletas y de bajadas de aguas lluvias las que deberán ser reincorporadas al terreno natural en el propio terreno en que se emplaza el edificio.

Figura 4.5
Esquema área tributaria y canales de aguas lluvias



En general, no están permitidas las evacuaciones superficiales y, en ningún caso, la disposición de las aguas lluvias a través del sistema de alcantarillado público. Dependiendo de la zona de emplazamiento y de las grandes superficies que se suelen cubrir, estos proyectos deben considerar importantes secciones de canaletas y bajadas de aguas lluvias.

El estudio detallado del sistema de evacuación de aguas lluvias es una especialidad que no puede estar ausente de un proyecto, sin embargo, una fórmula de pre dimensionamiento utilizable es la que se obtiene de las recomendaciones de un estudio del Instituto de la

Construcción que se resume en las siguientes tablas. Estas, permiten definir estrategias para abordar el tema por la vía de estudiar distintas alternativas de conformación de las aguas (pendientes) de la cubierta y su impacto en el dimensionamiento y disposición de canales y bajadas.

Con la posibilidad que ofrecen las planchas de cubierta conformadas in situ, las soluciones de cubiertas de grandes luces se pueden resolver muy eficientemente con pendientes entre 3% y 5% (dependiendo de la intensidad pluviométrica) usando las soluciones estándar que ofrece el Sistema Constructivo JOISTEC®.

Tabla 4.1

Sección recomendada canaletas de aguas lluvias. En función de la proyección horizontal del área de cubierta tributaria (1)

Zonificación en base a solicitaciones de lluvia y viento	Sección útil en cm ² por cada 1,0 m ² cubierta
Norte: Litoral, desértico y valles transversales	1,20 cm ²
Central: Litoral e interior	1,61 cm ²
Sur: Litoral e interior	1,82 cm ²
Sur extremo	2,40 cm ²

Tabla 4.2

Sección recomendada bajadas de aguas lluvias. En función de la proyección horizontal del área de cubierta tributaria (2)

Zonificación en base a solicitaciones de lluvia y viento	Sección útil en cm ² por cada 1,0 m ² cubierta
Norte: Litoral, desértico y valles transversales	1,00 cm ²
Central: Litoral e interior	1,34 cm ²
Sur: Litoral e interior	1,52 cm ²
Sur extremo	2,00 cm ²

Notas

- 1) Se refiere a la proyección horizontal del área tributaria.
- 2) Si se aumentan las cantidades de bajadas de aguas lluvias, se disminuye el área tributaria, por lo que se pueden reducir las secciones de las canaletas.

4.6.9

Entrepisos

El Sistema Constructivo JOISTEC® es perfectamente aplicable a la construcción de soluciones de pisos o entrepisos. Al igual que en la solución de cubierta, la recomendación es disponer las *Joistec*® en el sentido de la luz mayor y las *Girder* en el sentido de la luz menor, lo que permitirá una solución más económica. En este caso se recomienda que las *Joistec*® sean de un largo mayor de aproximadamente de 1,5 veces el largo de las *Girder*.

Las series de las *Joistec*® han sido diseñadas indistintamente para recibir cargas de cubierta o de piso. En el caso de recibir una losa, las tablas de las series de *Joistec*® están diseñadas para una sobrecarga directa, sin la colaboración de una losa de hormigón. Lo anterior significa que, en caso de proponerse una losa de hormigón armado, la conexión de ella con la *Joistec*® no requiere de la transferencia de corte, debiendo solamente conectar la losa a la viga, evitando su volcamiento. Para estos efectos se pueden utilizar conectores de corte (pernos Stud, Hilti u otras soluciones) según las especificaciones del calculista. Como recomendación sugerimos una distancia máxima de 350mm entre conectores y de un largo adecuado al espesor de la losa.

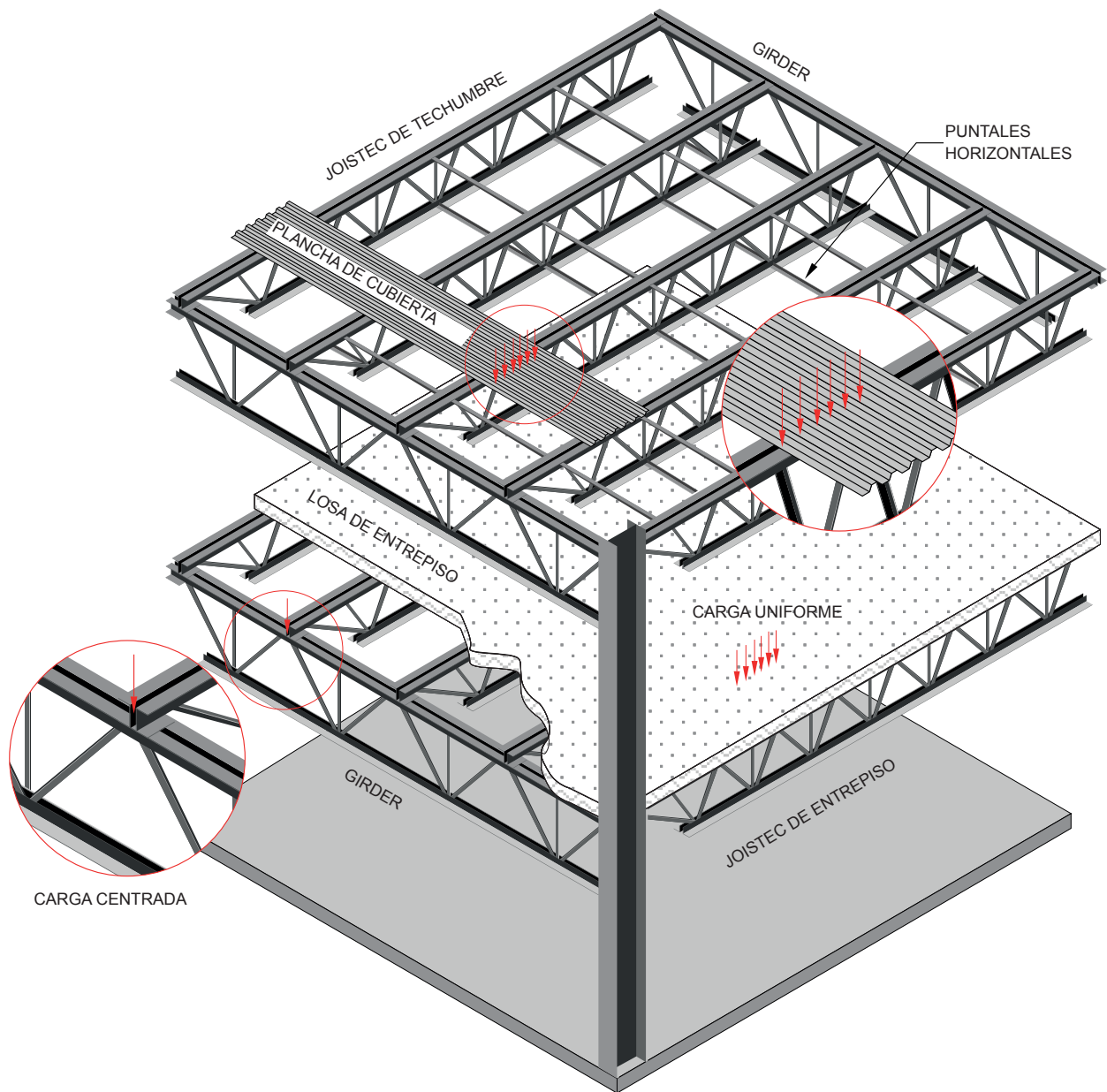
La losa podrá ser una losa tradicional o una losa tipo moldaje colaborante o deck de acero. En este último caso, con el objeto de no requerir apoyos temporales o alzaprimas intermedias, el distanciamiento entre las *Joistec*® variará dependiendo de las sobrecargas y de las características de la plancha. Distanciamientos mayores considerando alzaprimas son posibles pero tendrán como consecuencia dos aspectos que se deben analizar tanto desde el punto de vista económico como constructivo. En primer lugar, los elementos de apoyo (*Joistec*®) podrán resultar más pesados. Por otra parte, la instalación de las

alzaprimas afectará la movilidad y las posibilidades de ejecutar obras paralelas en el nivel inferior lo que amerita una evaluación detallada por su posible impacto en los plazos finales de la obra. Además, la conveniencia de utilizar una losa tradicional o un sistema tipo *deck* de acero no es sólo económica, también hay aspectos de velocidad de construcción y de terminaciones involucrados. En efecto, una losa tipo *deck* evita algunas faenas previas (moldajes), es de mayor velocidad de ejecución, de reducido o ningún requerimiento de alzaprimado y escasa o nulas actividades posteriores (retiro de alzaprimas y moldajes, etc.). Sin embargo y dependiendo de la naturaleza del proyecto, podrá requerir obras de terminaciones como cielos falsos por efectos de acabado o por exigencias de resistencia al fuego, faenas que una losa tradicional confeccionada con un buen sistema de moldajes (forjados) no lo va a requerir.

En materia de costos hay experiencias que, con distintos valores y argumentos, optan por una u otra alternativa, por lo que corresponderá a cada emprendimiento y proyecto hacer su propio análisis de ventajas, desventajas y costos asociados. La recomendación, en todo caso, es hacer un análisis global y no sólo una comparación de costos directos de una solución u otra.

Figura 4.6

Ejemplo Sistema JOISTEC® como solución de entrepiso y techumbre



4.7

Variables Críticas

En todo proyecto es conveniente tener presentes las variables que podrían resultar críticas en la secuencia de decisiones a lo largo del proceso proyectual. A continuación se comentan algunas.

4.7.1

Seguridad contra incendio

Las condiciones de seguridad contra Incendio están contenidas en el Título 4, Capítulo 3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y en las Normas NCh allí mencionadas. Para efectos básicos, la OGUC establece que los objetivos de la reglamentación son lograr *“que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio; que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio; que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como de un edificio a otro y que se facilite la extinción de los incendios”* y define para ello dos tipos básicos de protección contra incendio:

- ▶ **PROTECCIÓN PASIVA:** *La que se basa en elementos de construcción que por sus condiciones físicas aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo, retardando su acción y permitiendo en esa forma la evacuación de sus ocupantes antes del eventual colapso de la estructura y dando, además, tiempo para la llegada y acción de los bomberos. Los elementos de construcción o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles con capacidad propia de aislación o por efecto intumescente o sublimante frente a la acción del fuego.*
- ▶ **PROTECCIÓN ACTIVA:** *La compuesta por sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases, espumas o polvos químicos.*

El Artículo 4.3.3 de la OGUC establece que *“los edificios que requieran protegerse contra el fuego deberán proyectarse y construirse según alguno de los cuatro tipos que se señalan en la tabla siguiente y los elementos que se utilicen en su construcción deberán cumplir con la resistencia al fuego que en dicha tabla se indican.”*

Tabla en Artículo 4.3.3 OGUC

Resistencia al Fuego Requerida para los Elementos de Construcción de Edificios

Elementos de construcción									
Tipo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
b	F-150	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
c	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
d	F-120	F-60	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15

Simbología

Elementos verticales:

- (1) Muros cortafuego
- (2) Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
- (3) Muros caja ascensores
- (4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
- (5) Elementos soportantes verticales
- (6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:

- (7) Escaleras

Elementos horizontales:

- (8) Elementos horizontales soportantes
- (9) Techumbre incluido cielo falso

En el Artículo 4.3.4 de la OGUC se presentan 3 tablas sucesivas que permiten clasificar los edificios según se establece en el Artículo 4.3.3, considerando en la primera tabla el destino del edificio, su superficie edificada y su número de pisos; en la segunda tabla, para otros destinos no incluidos en la tabla anterior (teatros y espectáculos,

reuniones y edificios docentes), se considera la carga de ocupación y el número de pisos y en la tercera tabla, para edificios de destino industrial y/o comercial (combustibles, lubricantes aceites; industrial; supermercados y centros comerciales; establecimientos de bodega) la clasificación se establece en base a la densidad de carga combustible.

Tabla 1 Artículo 4.3.4 OGUC

**Clasificación de los Edificios según su Destino,
su Superficie Edificada y el Número de Pisos**

Destino del edificio	Superficie edificada (m ²)	Número de pisos 1 2 3 4 5 6 7 o más
Habitacional	Cualquiera	d d c c b a a
Hoteles o similares	Sobre 5.000	c b a a a a a
	Sobre 1.500 y hasta 5.000	c b b b a a a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c c b b a a a
	Hasta 500	d c b b a a a
Oficinas	Sobre 1.500	c c b b b a a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c c c b b b a
	Hasta 500	d c c b b b a
Museos	Sobre 1.500	c c b b b a a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c c c b b b a
	Hasta 500	d c c b b b a
Salud (clínicas, hospitales y laboratorios)	Sobre 1.000	c b b a a a a
	Hasta 1.000	c c b b a a a
Salud (policlínicos)	Sobre 400	c c b b b b a
	Hasta 400	d c c b b b a
Restaurantes y fuentes de soda	Sobre 500	b a a a a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c b b a a a a
	Hasta 250	d c c b b a a
Locales comerciales	Sobre 500	c b b a a a a
	Sobre 200 y hasta 500	c c b b a a a
	Hasta 200	d c b b b a a
Bibliotecas	Sobre 1.500	b b a a a a a
	Sobre 500 y hasta 1.500	b b b a a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c b b b a a a
	Hasta 250	d c b b a a a
Centro de reparación automotor	Cualquiera	d c c b b b a
Edificios de estacionamientos	Cualquiera	d c c c b b a

Tabla 2 Artículo 4.3.4 OGUC

**Clasificación de los Edificios según su Destino,
Carga de Ocupación y el Número de Pisos**

Destino del edificio	Máximo de Ocupantes (m ²)	Número de pisos 1 2 3 4 5 6 o más
Teatros y espectáculos	Sobre 1.000	b a a a a a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b b a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c c b b a a
	Hasta 250	d d c c b a
Reuniones	Sobre 1.000	b a a a a a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b b a a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c c b b a a
	Hasta 250	d c c b b a
Docentes	Sobre 500	b b a a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c c b b a a
	Hasta 250	d c c b b a

Tabla 3 Artículo 4.3.4 OGUC

Clasificación de los Edificios según su Destino, Densidad Carga Combustible y Número de Pisos

Destino del Edificio	Densidad de carga combustible (*)		Número de pisos 1 2 3 4 5 o más
	Media (MJ/m ²) Según NCh1916	Puntual máxima (MJ/m ²) Según NCh1993	
Combustibles, lubricantes, aceites minerales y naturales	Sobre 8.000 Sobre 4.000 y hasta 8.000 Sobre 2.000 y hasta 4.000 Hasta 2.000	Sobre 24.000 Sobre 16.000 y hasta 24.000 Sobre 10.000 y hasta 16.000 Hasta 10.000	a a a a a b a a a a c b a a a d c b a a
Establecimientos industriales	Sobre 16.000 Sobre 8.000 y hasta 16.000 Sobre 4.000 y hasta 8.000 Sobre 2.000 y hasta 4.000 Sobre 1.000 y hasta 2.000 Sobre 500 y hasta 1.000 Hasta 500	Sobre 32.000 Sobre 24.000 y hasta 32.000 Sobre 16.000 y hasta 24.000 Sobre 10.000 y hasta 16.000 Sobre 6.000 y hasta 10.000 Sobre 3.500 y hasta 6.000 Hasta 3.500	a a a a a b a a a a c b a a a c c b a a d c c b a d d c c b d d d c c
Supermercados y Centros comerciales	Sobre 16.000 Sobre 8.000 y hasta 16.000 Sobre 4.000 y hasta 8.000 Sobre 2.000 y hasta 4.000 Sobre 1.000 y hasta 2.000 Hasta 1.000	Sobre 32.000 Sobre 24.000 y hasta 32.000 Sobre 16.000 y hasta 24.000 Sobre 10.000 y hasta 16.000 Sobre 6.000 y hasta 10.000 Hasta 6.000	b a a a a b b a a a c b b a a c c b b a d c c b b d d c c b
Establecimientos de bodegaje	Sobre 16.000 Sobre 8.000 y hasta 16.000 Sobre 4.000 y hasta 8.000 Sobre 2.000 y hasta 4.000 Sobre 1.000 y hasta 2.000 Sobre 500 y hasta 1.000 Hasta 500	Sobre 32.000 Sobre 24.000 y hasta 32.000 Sobre 16.000 y hasta 24.000 Sobre 10.000 y hasta 16.000 Sobre 6.000 y hasta 10.000 Sobre 3.500 y hasta 6.000 Hasta 3.500	b b a a a c b b a a c c b b a d c c b b d d c c b d d d c c d d d d c

1 MJ/m² = 238,85k cal/m²

1 MJ = 0,053kg de madera equivalente de 4.000k cal/kg

(*) Para clasificar un edificio o sector de él, se aplica la densidad de carga combustible mayor de ambas columnas.

4.7.2

Resistencia al fuego, masividad y otras soluciones

La resistencia al fuego es una cualidad de los elementos de construcción de soportar un fuego cumpliendo su función estructural por un lapso determinado de tiempo. Se mide en minutos durante los cuales el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanqueidad a las llamas, el aislamiento térmico y la condición de no emitir gases inflamables.

En general, uno de los aspectos que suele ser considerado sensible en las construcciones de estructuras de acero es su respuesta frente a los efectos de un incendio. En efecto, se sabe que un aumento de la temperatura del acero hasta los 550°C produce una pérdida aproximada del 40% de la resistencia del acero. La NCh935/1- señala, entre otras cosas que, para vigas y columnas de acero protegidas, se debe cuidar que la temperatura media no supere los 500°C (medida en los niveles que determina la propia NCh935/1) y que la temperatura máxima, en cualquier punto, no exceda los 650°C.

En el aumento de la temperatura de un perfil de acero incide, por una parte, la masividad de los perfiles de acero, y por la otra, las características de aislamiento térmico con que se protegen.

La masividad debe entenderse como la razón entre el perímetro P expuesto del perfil (m) y el área A de su sección (m²), es decir:

$$P (m)/A (m^2) = m^{-1}$$

En la misma NCh935/1 se incluyen como anexos las tablas de masividades de las líneas de perfiles IN y H, cajones plegados, canales plegados y tubos en las diferentes configuraciones de exposición en que es posible encontrarlos en un edificio.

Existen distintas soluciones para mejorar la resistencia al fuego de estructuras de acero. En todas ellas, la tendencia es aplicar elementos que se interpongan entre la fuente de calor del incendio y la estructura metálica, actuando como elementos de aislamiento térmico, sea por su baja conductividad térmica o porque actúan como masa térmica que absorbe parte de la energía del incendio. Se trata de soluciones pasivas que lo que logran es dar un mayor tiempo de protección a las estructuras lo que permite cumplir con los objetivos de la reglamentación.

Entre ellas se cuenta con soluciones como la protección sólida (embeber el perfil en un recubrimiento de hormigón u otra masa), el recubrimiento con planchas (yeso cartón, fibrosilicatos y otras en espesores a determinar o a ajustar de acuerdo al Listado Oficial de Comportamiento al Fuego), el recubrimiento con morteros (normales o especialmente formulados) y muchas otras.

Una de ellas son las pinturas intumescentes cuya propiedad es que ante la acción de la temperatura se expanden generando una capa aislante que protege el perfil. De acuerdo a nuestra reglamentación, las pinturas intumescentes sólo son aplicables a perfiles cuya exigencia de resistencia al fuego sea igual o inferior a F90 y que, simultáneamente, cumplan con masividades de valores inferiores o igual a 390m⁻¹. Adicionalmente, se deben re-aplicar periódicamente de acuerdo a las recomendaciones de cada fabricante, por lo que las estructuras en que se apliquen deberán ser accesibles para tales efectos. Sin perjuicio de las decisiones propias de cada proyecto, todas las soluciones de protección pasiva a las estructuras representan un costo adicional para el proyecto que debe ser considerado oportunamente, tanto del punto de vista de la inversión inicial como del costo de mantenimiento.

Para pilares de acero, de acuerdo a las masividades detalladas, el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego del MINVU señala los espesores de aplicación de las pinturas intumescentes de diferentes productos de marca, los que se pueden encontrar en la sección B.2.3. Pilares de Acero de dicho listado.

Visto que uno de los atributos del Sistema Constructivo JOISTEC® es precisamente su bajo peso y a que se trata de estructuras confeccionadas con perfiles de relativamente bajo espesor que están expuestos en todo su perímetro, es poco probable que se logren masividades que permitan dar una respuesta mediante pinturas intumescentes, por lo que la evaluación deberá

hacerse a partir de otras soluciones.

Nuestra reglamentación no permite, como en otros países, el cálculo teórico de la resistencia al fuego mediante un sistema de adición de propiedades de resistencia al fuego de componentes aislados. Por el contrario, se deberá demostrar la resistencia al fuego del elemento constructivo mediante ensayos realizados en laboratorios oficialmente acreditados e inscritos para tales efectos en el Registro Oficial que lleva el MINVU o, en su defecto, recurrir al Listado Oficial de Comportamiento al Fuego que publica el propio Ministerio de Vivienda y Urbanismo. A continuación se presentan las soluciones genéricas que aparecen en dicho listado que pueden ser de interés.

CAPITULO I

B.1.2 Elementos estructurales verticales de acero con revestimiento de placas

Tipo de placa	Espesor mínimo del revestimiento (mm)								
	8	12	15	18	20	25	30	40	50
Fibro Yeso	F-15	F-30	F-30	F-30	F-60	F-60	F-90	F-120	F120
Madera aglomerada	F-15	F-15	F-15	F-15	F-30	F-30	F-30		
Viruta de madera mineralizada con cemento, estucada o enlucida con yeso de 6mm de espesor	F-15	F-30	F-30	F-60	F-60	F-90	F-90	F-120	F-120

B.1.3 Acero, Elementos estructurales horizontales y verticales de acero cubiertos con revestimientos de hormigón o mortero proyectado sobre malla de acero, soldada al elemento estructural

Tipo revestimiento	Espesor mínimo del revestimiento (mm)						
	20	25	30	35	40	50	60 o más
Hormigón fino de cemento	F-0	F-30	F-30	F-60	F-60	F-120	F-120
Mortero de yeso o cemento	F-0	F-30	F-30	F-60	F-60	F-120	F-120
Mortero de yeso vermiculita/perlita	F-0	F-30	F-30	F-60	F-60	F-60	F-120

Es importante tener claridad sobre las verdaderas exigencias de resistencias al fuego que recaerán sobre los elementos constitutivos del Sistema Constructivo JOISTEC®: las *Girder* y las *Joistec*® propiamente tales.

Nos parece de interés comentar algunos aspectos a tener presente respecto de la resistencia al fuego de las construcciones a efecto de dar efectivo cumplimiento a lo dispuesto en nuestra reglamentación. El objetivo de la discusión de este punto es establecer la forma más eficaz de hacerlo.

4.7.3

Clasificación de la construcción

Para los efectos de lo que interesa en relación al uso del Sistema Constructivo JOISTEC®, es probable que mayoritariamente la clasificación del edificio se deberá hacer con la tabla 3 del Artículo 4.3.4 de la OGUC donde exige que se calcule la densidad de carga combustible media y la densidad de carga combustible puntual máxima.

La carga combustible depende de la cuantía y calidad pirógena de los materiales integrantes del edificio, incluyendo aquellos que lo conforman (materiales de construcción: obra gruesa y terminaciones), los que corresponden a su equipamiento (muebles y alhajamiento), como los que corresponden a su uso (materiales y enseres en tránsito, en el caso de las bodegas).

La carga combustible se calcula según:

$$C = Cc1 * M1 + Cc2 * M2 + \dots Ccn * Mn$$

Donde:

- C = Carga Combustible expresada en MJ o en Mcal
- Cc1...Ccn = Calores de combustión de los materiales combustibles integrantes, expresados en MJ/kg o Mcal/kg.
- M1...Mn = Masas de los materiales combustibles integrantes de los Cc1...Ccn respectivamente, expresadas en kg.

Para conocer los calores de combustión de los materiales se debe recurrir al Anexo NCh1916; Tabla de Calores de combustión de materiales (desde aceite hasta xilol), expresadas en MJ/kg y en Mcal/kg.

Para conocer la masa de los distintos materiales se puede recurrir al Anexo A de la NCh1537: Densidades de alimentos, combustibles, fertilizantes, líquidos, metales, minerales, materiales de construcción, etc. utilizables para la determinación de cargas permanentes y sobre cargas de uso. Con la información contenida en las

tablas y con la cubicación detallada de los volúmenes de materiales integrantes y presentes en el edificio es posible calcular la carga combustible.

Las normas NCh1916 y NCh1537 mencionadas, de uso obligatorio en la OGUC, se encuentran disponibles para consulta en:

www.minvu.cl/opensite_2006_1113_25024.

En el caso de las bodegas construidas con el Sistema Constructivo JOISTEC®, por ejemplo, el edificio propiamente tal no aporta carga combustible o es muy baja. Por lo mismo, se deberá cubicar detalladamente el contenido del edificio, tanto los envases como su contenido en las cantidades que se puede demostrar que estarán presentes en la bodega. Con los antecedentes anteriores se puede hacer el cálculo de los valores de densidad de carga combustible exigidos en la tabla 3 Artículo 4.3.4 de la OGUC, aplicando para el cálculo de la densidad de carga combustible media la siguiente fórmula:

$$D_c = \frac{C}{S}$$

Donde:

- D_c = Densidad de carga combustible media expresada en MJ/m² ó Mcal/m²
- C = Carga combustible (según detalle anterior)
- S = Superficie en planta

La densidad de carga combustible puntual máxima corresponde a la que se origine en algún área específica del proyecto.

Para efectos de la clasificación se deberá considerar la carga combustible mayor de ambas columnas de la tabla 3 Artículo 4.3.4 de la OGUC.

4.7.4

Número de pisos

En todas las tablas que permiten clasificar los tipos de edificios para los efectos de la reglamentación de seguridad ante incendios, la cantidad de pisos es una variable incidente. De hecho, en muchos casos la exigencia aumenta al pasar de un edificio de un piso a un edificio de dos pisos. En varios otros, el cambio o salto en la exigencia se produce recién entre los 2 y los 3 pisos (ver tablas).

Si bien, para los efectos de determinar la altura en pisos de un edificio, la OGUC, señala que se debe considerar como la altura de un piso un máximo de 3,50m entre el piso y el punto más alto del cielo, el Artículo 4.3.5 de la OGUC, en su numeral 1 señala una excepción importante de tener presente en ciertos edificios. Dice textualmente que ***“Se exceptúan de lo anterior los edificios de un solo piso, cualquiera sea su altura, cuya densidad de carga combustible media sea inferior a 500MJ/m², las que se considerarán de un piso para los efectos de este capítulo, siempre que no contemplen altillos o superficies intermedias entre el piso y el cielo.”***

Es importante tener presente esta excepción al momento de evaluar las exigencias de resistencia al fuego a las que pueda estar sometido el edificio que se proyecta, especialmente considerando que el Sistema Constructivo JOISTEC® es de interés en destinos y tipologías de edificios que se podrían acoger a esta excepción, como bodegas, y otros.

4.7.5

Determinación de la resistencia al fuego de los elementos de una construcción

En primer lugar, hay que considerar cómo se clasifican los distintos elementos de la construcción.

Claramente las *Joistec*® corresponden a la elementos horizontales de construcción y como tales se deben ajustar a lo que se describe como “techumbre incluido cielo falso”, cuyas exigencias están detalladas en la columna (9) de la tabla incluida en el Artículo 4.3.3 de la OGUC. Como se puede observar, las exigencias variarán entre F-15 y F-60, para los tipos más exigentes de edificios.

La calificación de las *Girder* requiere una discusión una poco más detallada. Como la definición de “techumbre” incluida en el Artículo 1.1.2 de la OGUC (“parte de una edificación que comprende desde el cielo del recinto más elevado hasta la cubierta”) no es estrictamente aplicable a un edificio de carácter industrial o de bodega puesto que -en general- no existe cielo falso, se abre una discusión sobre si las *Girder* son parte de la “techumbre” o pueden ser consideradas “elementos soportantes horizontales”.

Por extrapolación de la definición citada, se debe entender que entre el “cielo del recinto más elevado” y la cubierta se encuentran, a lo menos, la estructura de techumbre (cerchas o vigas), las costaneras y la cubierta propiamente tal. En ese mismo sentido, las *Girder* corresponden al conjunto de “techumbre incluido cielo falso” y deberán cumplir con las exigencias de resistencia al fuego para dicho elemento. La diferencia no es menor, toda vez que las resistencias al fuego para los elementos soportantes horizontales [columna 8] es casi el doble de la resistencia al fuego exigida a la techumbre incluido el cielo falso [columna 9].

En síntesis, tanto a las *Joistec*® como a las *Girder*, se debe aplicar la exigencia correspondiente a la columna (9) de la tabla del Artículo 4.3.3 de la OGUC, o sea, “*techumbre incluido cielo falso*”, salvo en el caso que estén soportando un piso.

Conocido lo anterior, se pueden establecer las exigencias de resistencia al fuego para el proyecto y determinar la solución técnica más adecuada.

4.7.6

Otras consideraciones excepcionales

El Artículo 4.3.26 de la OGUC señala, textualmente que “No requerirán protección contra el fuego, las edificaciones de un piso realizadas con elementos de

construcción no combustibles, que cumplan con los siguientes requisitos”:

1. **Tener una carga de ocupación inferior a 100 personas.**
2. **Contemplar en todos sus recintos una carga combustible media inferior a 250MJ/m²**
3. **Asegurar su ocupación sólo por personas adultas que puedan valerse por sí mismas.**
4. **Tener destino de equipamiento.**
5. **Estar separada de los deslindes por una distancia no inferior a 4m.**

Tratándose de edificaciones con protección activa, se podrá aumentar la altura en 1 piso y la carga de ocupación en un 50%.”

Lo anterior es muy interesante de tener presente en los casos de bodegas de productos no combustibles o de baja carga combustible, situación frecuente en distintas instalaciones.

La propia OGUC en la tabla 2 incluida en el Artículo 4.2.4 fija la carga de ocupación para distintos destinos, por lo que se puede conocer de antemano la superficie máxima que se podría proyectar para acogerse al punto 1 anterior.

Algunos ejemplos de destinos que pueden ser de interés para aplicar el Sistema Constructivo JOISTEC®, son:

Tabla 4.3

Ejemplos de Destinos y Carga de Ocupación

Destino	Carga de Ocupación m ² x persona	Superficie máxima para carga ocupación ≤ 100 personas
Comercio (sala de ventas)	3	300
Supermercado (área de público)	3	300
Supermercado (trastienda)	15	1.500
Mall (locales con acceso exterior)	10	1.000
Gimnasios	4	400
Estacionamientos	16	1.600
Bodegas	40	4.000

Una de las consideraciones interesantes a tener presente es la posibilidad que ofrece la reglamentación establecida en el Artículo 4.3.24 de la OGUC de hacer divisiones interiores o compartimentaciones de los espacios construidos, las que deberán demostrar una resistencia al fuego igual o superior a F120. Así, la forma de poder superar los límites de superficie construida que se señalan en la tabla anterior, es construyendo divisiones de compartimentación que aseguren una resistencia al fuego F120 (Artículo 4.3.24).

La construcción de muros de compartimentación F120 debe cubrir de piso hasta la cubierta, pero no

necesariamente sobrepasarla, puesto que no se trata de muros cortafuegos sino de muros “divisorios entre unidades (hasta cubierta)” según lo señala la tabla del Artículo 4.3.3. Esta estrategia puede ser de interés en el caso de proyectos de superficies mayores, como las bodegas, en las que construir compartimentaciones en unidades de 4.000m² puede ser un criterio de seguridad técnica y económicamente rentable.

Para tales efectos, señalamos a continuación las resistencias al fuego de algunas soluciones genéricas de construcción contenidas en el Listado Oficial de Resistencia al Fuego del MINVU.

CAPITULO I					
PRODUCTOS TRADICIONALES					
A.1 MUROS – PARAMENTOS – PANELES VERTICALES					
A.1.1 Muro de albañilería de adobe					
Espesor total del elemento básico, en mm	200	250	300	350	
Sin revestimiento	F-90	F-120	F-150	F-180	
Con estuco o enlucido por ambas caras	F-120	F-150	F-180	F-210	
A.1.2 Muro de albañilería de piedra					
Espesor total del elemento básico, en mm	300 o más				
Todo tipo	F-180				
A.1.3 Muro de hormigón (armado y sin armadura)					
Espesor total del elemento básico, en mm	100	150	200		
	F-90	F-150	F-180		
A.1.4 Bloques de hormigón Elementos estructurales de albañilería en bloques huecos de hormigón. Dimensiones en mm.					
Bloques tipo A	390 x 190 x 140		F-120		
Bloques Tipo B	390 x 190 x 190		F-150		
A.1.5 Paneles de madera macizos, cuyas piezas se encuentran unidas entre sí mediante machihembrados, lengüetas o adhesivos.					
Espesor total del elemento básico, en mm	20	45	90	140	190
	F-15	F-30	F-60	F-90	F-120

Llama la atención que no aparezca en este listado la albañilería de ladrillos de arcilla, solución técnica frecuente en algunos tipos de construcciones. Por lo mismo, adjuntamos los valores que registrados en el mismo Listado Oficial para algunos productos de marca que representan dicha solución y algunas otras que pueden ser de interés para resolver situaciones de compartimentación interna de edificios:

A.2.2.90 – Albañilería de ladrillo fiscal industrializado arcilla huecos de 140mm (Industria Princesa) de espesor, sin recubrimientos **F-90**.

A.2.2.120.01 – Albañilería cerámica de 140mm (Ladrillo cerámico Santiago7 – Cerámicas Santiago), sin recubrimientos **F-120**.

A.2.3.120.54 – Tabique interior estructura de acero galvanizado de 90mm de ancho con doble plancha de yeso cartón de 15mm (tipo RF, resistente al fuego) por cada lado (Cía. Industrial El Volcán S.A.) **F-120**.

A.2.2.150.03 - Bloque de Hormigón celular 100mm de espesor (Xela Hebel Chile S.A.) **F-150**.

4.7.7

Conclusiones

Es de toda lógica que todo proyecto debe abordar las estrategias de protección contra el fuego desde el principio a fin de encontrar la mejor solución técnica y económica que asegure la seguridad de los ocupantes del edificio, el propio edificio y su contenido además de los edificios vecinos. La reglamentación chilena contempla exigencias especialmente en el orden de las soluciones de protección pasiva y sólo en algunos pocos casos hace exigible o reduce estas exigencias a propósito del uso de soluciones de protección activa (rociadores, etc.). Independiente de ello, el proyecto debe analizar los riesgos de incendio en forma integral, considerando distanciamientos, vías adecuadas de evacuación, espacio para la circulación y maniobra de los vehículos de emergencia, redes secas y/o húmedas para el combate del fuego, instalación de sistemas de extintores para el combate temprano de amagos de incendio, consideraciones respecto a la ventilación y evacuación de gases y muchos otros aspectos cuyo análisis escapa a la intención y objetivos de este capítulo.

No obstante la normativa chilena de protección contra el fuego se encuentra actualmente en etapa de estudio para su actualización, un análisis integral más la adecuada interpretación de nuestra reglamentación permitirá encontrar las soluciones técnicas y económicas más eficientes usando el Sistema Constructivo JOISTEC®.



El análisis recién expuesto está refrendado por un informe de la revisora independiente de arquitectura, arquitecta Ana María Merino, que adjuntamos en los Anexos.

4.7.8

Sistemas de protección a la corrosión

La corrosión es un fenómeno que afecta a los metales y que se define como un conjunto de alteraciones físico-químicas que sufren los metales por la acción de determinados agentes naturales. Los distintos metales son más o menos sensibles a la corrosión, dependiendo de su naturaleza química. Los metales se encuentran en forma de óxidos o sales en la naturaleza, por lo que, para su transformación requieren una cantidad no menor de energía. Cuanto mayor sea la energía demandada en esta transformación, mayor será la tendencia del metal de volver a su estado natural de equilibrio (sales y/u óxidos).

Para que se produzca corrosión en el acero deben darse algunas condiciones básicas como son la presencia de oxígeno y de agua o humedad. Como la corrosión es un fenómeno espontáneo y lineal, si se dan las condiciones para su ocurrencia, la corrosión se producirá inevitablemente y su efecto sobre el acero será proporcional al tiempo de exposición a dichas condiciones.

Básicamente se reconocen tres tipos de corrosión que afectan al acero en la construcción:

Corrosión atmosférica

Que se presenta en forma de corrosión química o seca (una superficie de acero expuesta al oxígeno puede formar óxido, condición que se acelera en presencia de gases más contaminantes como anhídrido sulfuroso SO_2 ; anhídrido sulfúrico SO_3 ; anhídrido nitroso NO_2 ; gas sulfhídrico H_2S o gas clorhídrico Cl_2) o *corrosión electroquímica o húmeda* (producida por la existencia puntos de distintos potenciales eléctricos en la superficie de acero, los que, en presencia de un electrolito como la humedad condensada en la superficie, actuarán como pilas galvánicas en potencia iniciando un intercambio de iones). Esta última es la más frecuente, y se acelera en ambientes contaminados con gases o en ambientes marinos por la alta presencia de sal.

Corrosión galvánica

Que se produce por el contacto entre metales de diferente aleación o de metales más o menos nobles que tienen un distinto potencial eléctrico según su posición en la serie galvánica, lo que da inicio al intercambio de electrones. Mientras mayor sea la distancia entre los metales en la serie galvánica más se acelerará su corrosión galvánica, en que siempre se corroe el metal menos noble.

Elemento	Potencial
Magnesio (Mg)	-2,38 (más electronegativo)
Aluminio (Al)	-1,68
Manganeso (Mn)	-1,18
Zinc (Zn)	-0,76
Cromo (Cr)	-0,74
Hierro (Fe)	-0,44
Cobalto (Co)	-0,28
Níquel (Ni)	-0,23
Plomo (Pb)	-0,12
Hidrógeno (H)	0,00 valor de referencia
Cobre (Cu)	+0,34
Plata (Ag)	+0,80
Oro (Au)	+1,50 más electropositivo

Corrosión de altas temperaturas

Que se presenta en los procesos de laminación en caliente (formando una cascarilla de laminación o laminilla de color azul oscuro que es muy impermeable pero que, dado que tiene distintos coeficientes de dilatación térmica que el acero de base, termina agrietándose y cayéndose dando paso a condiciones propicias para la corrosión) y también en los procesos de soldadura (razón por la cual algunos procesos de soldadura crean una atmósfera pobre de oxígeno en el punto en que se está ejecutando la soldadura mediante la emisión de un gas inerte).

Las estrategias de protección ante la corrosión consisten en

evitar la exposición a las condiciones de riesgo (básicamente evitar la presencia o el contacto del acero con agua y oxígeno; evitar contacto entre metales más o menos nobles; aislar o evitar ambientes de alta contaminación). En otras palabras, impedir el contacto del agua con la superficie y reducir el tiempo de exposición a la humedad, o sea, *aislar*.

Conocer las condiciones de riesgo a las que estará expuesto el edificio en su emplazamiento definitivo será un factor decisivo en la definición de estrategias de protección ante la corrosión. Estas condiciones de riesgo de corrosión o categorías de corrosividad de la atmósfera se expresan en el siguiente cuadro que puede resultar ilustrativo.

Pérdida de masa por unidad de superficie (exposición 1 año)

Categoría Corrosividad	Acero al carbono		Zinc		Exterior	Interior
	Pérdida de masa g/m ²	Pérdida espesor μ	Pérdida de masa g/m ²	Pérdida espesor μ		
C-1	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1		Edificios con calefacción y atmósferas limpias. Oficinas, tiendas, hoteles
C-2	>10 y hasta 200	>1,3 y hasta 25	>0,7 y hasta 5	>0,1 y hasta 0,7	Rural	Edificios sin calefacción con riesgo de condensación. Almacenes, polideportivos
C-3	>200 y hasta 400	>25 y hasta 50	>5 y hasta 15	>0,7 y hasta 2,1	Urbano e Industrial de baja contaminación	Industrial con humedad y algo de contaminantes . Alimentos, lavandería, lácteos, cervezas
C-4	>400 y hasta 650	>50 y hasta 80	>15 y hasta 30	>2,1 y hasta 4,2	Área industrial costera moderada. Salinidad	Plantas químicas. Piscinas, astilleros
C-5I	>650 y hasta 1500	>80 y hasta 100	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Área industrial alta humedad y atmósfera agresiva	Condensación permanente y alta contaminación
C-5M	>650 y hasta 1500	>80 y hasta 100	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Área costera alta salinidad	Condensación permanente y alta

Fuente: Norma EN ISO 12944-2, Mayo 1998.

Del cuadro anterior se puede concluir que en el extremo de menor riesgo están los emplazamientos en las zonas rurales y los ambientes interiores (con excepción de algunas instalaciones industriales y piscinas temperadas cubiertas). En el extremo de mayor riesgo están algunas zonas costeras e industriales y ambientes interiores industriales, de alta condensación y con presencia de gases contaminantes.

La distribución de los riesgos de corrosión, sin embargo no responde siempre a estas definiciones genéricas y puede verse afectada por condiciones locales. La velocidad de corrosión de un metal expuesto a la atmósfera depende de las características del medio ambiente al que esté expuesto, a saber: temperatura, humedad relativa, tiempo de humidificación, total de lluvia caída, velocidad y dirección de los vientos, radiación solar y contenido de contaminantes (cloruro, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono entre otros). Para ello, los países recurren a levantar información que les permita construir mapas de riesgo de corrosión.

En Chile recientemente ha concluido un estudio de varios años correspondiente al Proyecto CORFO Innova 09CN14-5879 encabezado por la Universidad Católica de Valparaíso con el apoyo de distintas empresas denominado "CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA DE CHILE PARA LOS METALES Y ALEACIONES DE MAYOR INTERÉS TECNOLÓGICO, QUE PERMITAN SELECCIONAR DE MANERA ÓPTIMA LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LAS DIFERENTES ZONAS AMBIENTALES DEL PAÍS".

El estudio ha permitido levantar información a través de 31 estaciones de monitoreo a lo largo del país. Se instalaron probetas de alta pureza de aluminio, cobre, acero al carbono y acero galvanizado haciendo mediciones cada 3 meses en un período de 3 años. Los resultados de las mediciones permitieron construir un mapa de riesgo de corrosión que está disponible en: **www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl**

Como una contribución a la difusión de este importante estudio, la Decana de Ciencias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, señora Rosa Vera y la Asociación Chilena de Corrosión, ACHCORR, nos han permitido publicar una versión del mapa general que adjuntamos en los anexos de este Manual.

Para asegurar la protección y durabilidad de las estructuras de acero es de gran importancia contar con un correcto diagnóstico de los riesgos a los que estará expuesta la estructura. La información contenida en este estudio es un gran aporte en este sentido. A partir de ello, se puede hacer una propuesta de protección completa de las estructuras de acero, para lo que es recomendable recurrir a expertos y/o especialistas en la materia.

Una extensión del proyecto mencionado anteriormente, se está desarrollando por el mismo equipo investigador de la Universidad Católica de Valparaíso, encabezado por la Dra. Rosa Vera. Se trata del estudio "PROTOCOLOS PARA LA SELECCIÓN DE PINTURAS EMPLEADAS EN LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN". Los resultados serán de gran interés para el sector construcción.

4.7.9

Protecciones y mantenimiento

Toda obra requiere de precauciones y recomendaciones en el transporte, manipulación, aperche de los distintos elementos y componentes que concurren a ella.

Por su parte, todo edificio requiere de faenas de protección y de mantenimiento. Esto es válido tanto para una vivienda como para un edificio industrial. La preocupación por el correcto uso, operación y mantención de un edificio debería ser una tarea irrenunciable asignada a una o varias personas o estamentos dentro de un edificio particular, institucional, industrial o comercial. El Sistema Constructivo JOISTEC® no es ajeno a esta circunstancia. Todas ellas serán abordadas en el Capítulo 6 de este Manual.



SISTEMA DE ANCLAJE ▶
DE LA JOISTEC®



CAPÍTULO

5

PROYECTO
ESTRUCTURAL

5.1

Introducción

Conocidas y asumidas las principales decisiones del anteproyecto de arquitectura se puede dar inicio al estudio del proyecto estructural. Generalmente este proyecto es desarrollado por el calculista –arquitecto o ingeniero- y será muy sensible a los informes entregados por el estudio de mecánica de suelos y a las condiciones propias del emplazamiento a fin de determinar la zona sísmica y las eventuales cargas de viento o nieve.

El anteproyecto de cálculo estructural permitirá determinar la tipología estructural. Ya hemos comentado que el Sistema JOISTEC® se puede aplicar como una tipología estructural de marcos rígidos, marcos arriostrados o marcos articulados. Además, se puede usar el Sistema JOISTEC® apelando exclusivamente a su capacidad y economía para resolver sistemas de cubiertas. En ese sentido, será importante la definición de la existencia, dimensión y posición de muros de corte o marcos arriostrados recomendados. Asimismo, el anteproyecto de cálculo podrá, en función de las determinaciones anteriores, sugerir dimensiones preliminares de las columnas.

Todo lo anterior deberá ser cotejado con el anteproyecto de arquitectura a fin de determinar la coherencia de la propuesta y/o detectar posibles inconsistencias que demanden revisión de algunos conceptos básicos de uno u otro anteproyecto. El desarrollo del proyecto de cálculo proveerá, posteriormente, los dimensionamientos, detalles y memoria de cálculo correspondientes al proyecto.

Sin embargo, haciendo abstracción de lo anterior, con los

antecedentes que se entregan en este Manual, es posible determinar las dimensiones básicas de los elementos que conforman la estructura del edificio.

Otro aspecto importante de mencionar es el detalle de las uniones. En efecto, el Sistema Constructivo JOISTEC® tiene desarrollados todos los detalles de las uniones entre los miembros del elemento. Sin embargo, se deben detallar también las uniones típicas entre los distintos elementos estructurales.

Como hemos mencionado, las uniones se pueden ejecutar en obra, tanto soldadas como mediante pernos. En general, se considera conveniente realizar las uniones soldadas en taller y hacer las uniones en obra preferentemente con pernos. Este Manual entrega algunos detalles típicos que se pueden considerar para resolver algunas conexiones más frecuentes. Las conexiones a elementos estructurales de hormigón armado como cadenas, vigas o muros, deberán considerar las precauciones adecuadas a fin de lograr una conexión apropiada y segura.

La segunda edición del Manual de Diseño Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC® de los autores Bascuñán, Maccioni e Ingenieros Asociados (BMIng), editado por AZA en junio de 2015, entrega información detallada y de interés para el cálculo estructural. Parte de esa información corresponde a un extracto de la Standard Specifications del Steel Joist Institute que ha sido la base del Sistema Constructivo JOISTEC®. Algunas consideraciones de interés general se resumen a continuación.

5.2

Esfuerzos Solicitantes y Resistentes

En el mencionado Manual se incluyen los métodos de diseño ASD y LRFD.

Para el método ASD la tensión requerida F se determina con las combinaciones de carga según la NCh3171.Of2010 y no debe exceder $\frac{F_n}{\Omega}$

Donde

F_n = Tensión nominal

Ω = Factor de seguridad

Para el método LRFD, la tensión requerida F_u se determina con las combinaciones de carga según NCh3171.Of2010 y no debe exceder ϕF_n

Donde:

F_n = Tensión nominal

ϕ = Factor de resistencia

Para todos los elementos del Sistema Constructivo JOISTEC® la determinación de las tensiones de diseño o admisibles se basa en la tensión de fluencia del material F_y , que corresponde al grado del acero empleado en su fabricación, que es A270ES ($F_y = 2.700\text{kgf/cm}^2$).

Mayores detalles, entre otros valores de tracción, compresión, flexión y tensiones admisibles de soldadura para los dos métodos de diseño, se pueden encontrar en el Manual de Diseño de Estructural del Sistema Constructivo JOISTEC®, Capítulo 3, Diseño de *Joistec*® y *Girder*.

Un aspecto que se menciona con detalle corresponde a las esbelteces máximas de los elementos que conforman una *Joistec*® o una *Girder*, sin embargo, no son tratados en detalle en el presente Manual por exceder su alcance.

5.3

Formas y Elementos que componen las *Joistec*® y *Girder*

Una *Joistec*® está compuesta por una cuerda superior (CS), una cuerda inferior (CI) y elementos que componen el alma, dispuestos como montantes y/o diagonales (W). En la figura, además se detallan las partes y cotas correspondientes al panel extremo, panel interior (l) y largo máximos centro a centro entre puntos de panel y separadores (l_s). Ver la figura 3.3 en el Capítulo 3 de este Manual.

Un aspecto importante en el diseño de estructuras con el Sistema Constructivo JOISTEC® corresponde a los puntales (bridging) de las cuerdas superior e inferior (Ver figuras 3.4 y 3.5 en el Capítulo 3 de este Manual), los que se materializan en perfiles ángulo laminados en caliente de AZA y pueden ser horizontales (elementos horizontales y continuos) o diagonales (arriostramientos en cruz). En ambos casos se debe controlar la esbeltez del elemento. El tipo, cantidad y espaciamiento de los puntales se determina de acuerdo a cálculo, sin embargo no debe ser inferior a lo detallado en las tablas siguientes:

Tabla 5.1

**Número de líneas de Puntales de la
Cuerda Superior* Joistec® Serie K**

SERIE K		1 fila	2 filas		3 filas		4 filas	
Número de sección**	Altura (mm)	Hasta (mm)	Desde (mm)	Hasta (mm)	Desde (mm)	Hasta (mm)	Desde (mm)	Hasta (mm)
1	Todas	5.200	5.100	8.000	8.000	8.500		
2	Todas	6.400	6.400	9.200	9.200	9.800		
3	Todas	5.500	5.500	8.000	8.000	12.200		
4	Todas	6.100	6.100	9.200	9.200	12.500	12.500	14.600
5	40K a 60K	6.100	6.100	9.200	9.200	12.800	12.800	14.600
	65K	8.500	8.500	12.500	12.500	15.900		
6	40K a 60K	6.100	6.100	9.500	9.500	12.800	12.800	14.600
	65K a 70K	8.500	8.500	12.500	12.500	16.500	16.500	17.000
7	40K a 60K	7.000	7.000	10.300	10.300	14.600		
	65K a 75K	8.800	8.800	13.400	13.400	18.300		
8	60K	7.600	7.600	11.900	11.900	14.600		
	65K a 75K	8.800	8.800	13.400	13.400	18.300		
9	40K a 60K	6.700	6.700	10.300	10.300	14.600		
	65K a 75K	8.800	8.800	13.400	13.400	18.300		
10	45K a 60K	6.700	6.700	11.600	11.600	14.600		
	65K a 75K	8.800	8.800	14.600	14.600	18.300		

Nota: En las tablas de carga, en las zonas sombreadas se debe usar puntales diagonales conectados con pernos, según lo que se indica en el numeral 3.7 del capítulo 3 de este Manual.

* Para puntales adicionales requeridos debido a carga neta de succión (uplift), ver el numeral 5.5.5 de este Manual.

** Los dígitos se refieren a la designación de la Joistec® que se muestran en la tabla de carga.

Tabla 5.2

**Espaciamiento máximo para líneas de
Puntales de la Cuerda Superior*
Joistec® Serie LH**

Número de sección*	Espaciamiento máximo** (mm)	Fuerza Nominal*** Horizontal (kgf)
02 a 03	3.000	180
04 a 05	3.400	250
06 a 08	4.000 hasta 11.900, para $\geq 11.900 \Rightarrow 4.500$	340
09	4.000 hasta 11.900, para $\geq 11.900 \Rightarrow 4.900$	385

Nota: El número de líneas de Puntales se basa en la luz de la Joistec®.

* Los dos dígitos se refieren a la designación de la Joistec® que se muestran en la tabla de carga.

** El valor indicado es válido para puntales horizontales.

*** La fuerza nominal horizontal no está factorizada. Para Puntal (Bridging) diagonal dividir la fuerza por 4.

Ya comentamos que tanto las *Joistec*[®] como las *Girder* se deben fabricar con una contraflecha según se muestra en las tablas 3.1 y 3.2 del Capítulo 3 de este Manual.

Por último, hay que señalar que las cargas puntuales que

representa la descarga de las *Joistec*[®] sobre las *Girder*, se determina de acuerdo al cociente entre la altura de las *Girder* (D) y el espaciamiento de las *Joistec*[®] (S) según los esquemas siguientes para los distintos tramos de valores:

Figura 5.1

Configuración tipo G

Para $0,36 < D/S < 0,7$

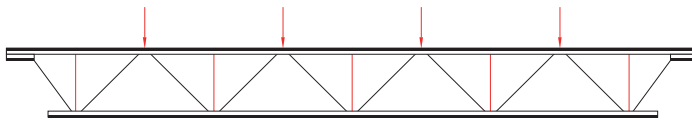


Figura 5.2

Configuración tipo BG

Para $D/S > 0,7$

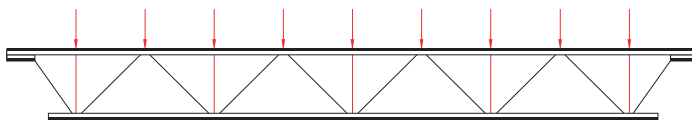
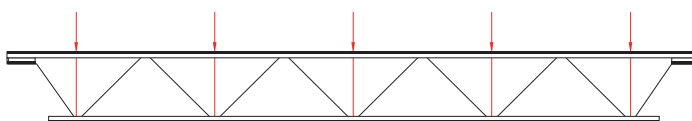


Figura 5.3

Configuración tipo VG

Para $D/S < 0,36$



5.4

Pre Dimensionamiento de Estructuras con el Sistema Constructivo JOISTEC®

Del estudio del anteproyecto comentado en los puntos anteriores, quedará clara la disposición de los elementos estructurales principales: columnas, muros arriostrantes cuando corresponda, *Girder* y *Joistec*®.

De ello, especialmente de los distanciamientos entre los apoyos, se podrán derivar las dimensiones aproximadas de los elementos correspondientes al Sistema Constructivo JOISTEC®. Para ello, verifique las luces que salvan tanto las *Girder* como las *Joistec*®.

Para las *Joistec*® recurra a las tablas 3.3 a la 3.6 para los métodos ASD y LRFD, en el Capítulo 3 de este Manual, en las que se detallan la capacidad de carga total (en negro), la carga que produce una deformación de $L/360$ (en color) para series de luces desde 6.500mm hasta 26.000mm, indicando la denominación del elemento, su altura y su peso aproximado en kgf/m. Las tablas, además detallan en fondo de color, la necesidad de utilizar puntales diagonales (bridging) conectados con pernos, cercanos al centro de dichas *Joistec*®.

Para las *Girder* recurra a las tablas 3.7 o 3.8 que se presentan para los métodos ASD o LRFD en el Capítulo 3 de este Manual, que le permitirán determinar la carga por panel en función de su longitud, el espaciamiento, la cantidad de espaciamientos y la altura.

No obstante lo útiles que resultan las tablas mencionadas, ellas en ningún caso liberan al proyectista de la responsabilidad de someter la solución a un proceso y verificación de cálculo estructural.

En el Capítulo 6, numeral 6.4 del Manual de Diseño para Sistema Constructivo JOISTEC® edición 2015, se presenta un ejemplo general para el cálculo de estructuración de un edificio de 54,0 x 60,0m en planta, de 9,0m de altura libre interior y se analizan en detalle las solicitaciones y las soluciones según el cálculo estructural. Las principales consideraciones al ejemplo en cuestión, son:

- ▶ **Emplazamiento: zona norte de Santiago, zona sísmica II y suelo tipo III**
- ▶ **Velocidad del viento: 125 km/h**
- ▶ ***Joistec*® de 18,0m de luz x 3 = 54,0m**
- ▶ ***Girder* de 15,0m de luz x 4 = 60,0m**
- ▶ **Altura libre interior 9,0m – Altura pre diseño piso a hombro = 10,0m**
- ▶ **Altura *Joistec*® y estructura de cubierta = 1,0m**
- ▶ **Resistencia a cargas horizontales concentrada en marcos exteriores arriostrados y uniones articuladas de columna a *Girder* y puntales.**

Figura 5.4

Planta edificio ejemplo general

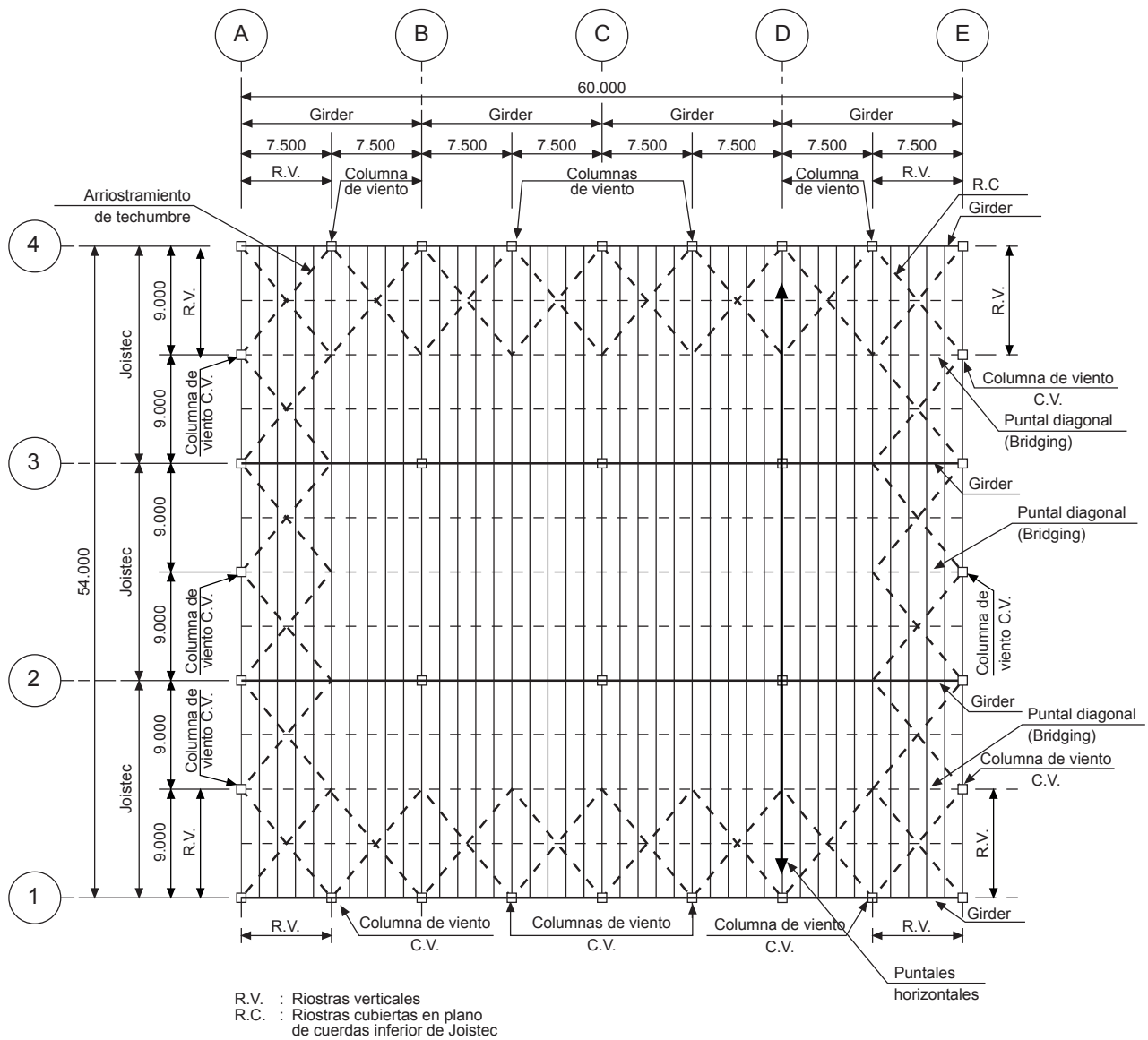


Figura 5.5

Elevación ejes A - E edificio ejemplo general

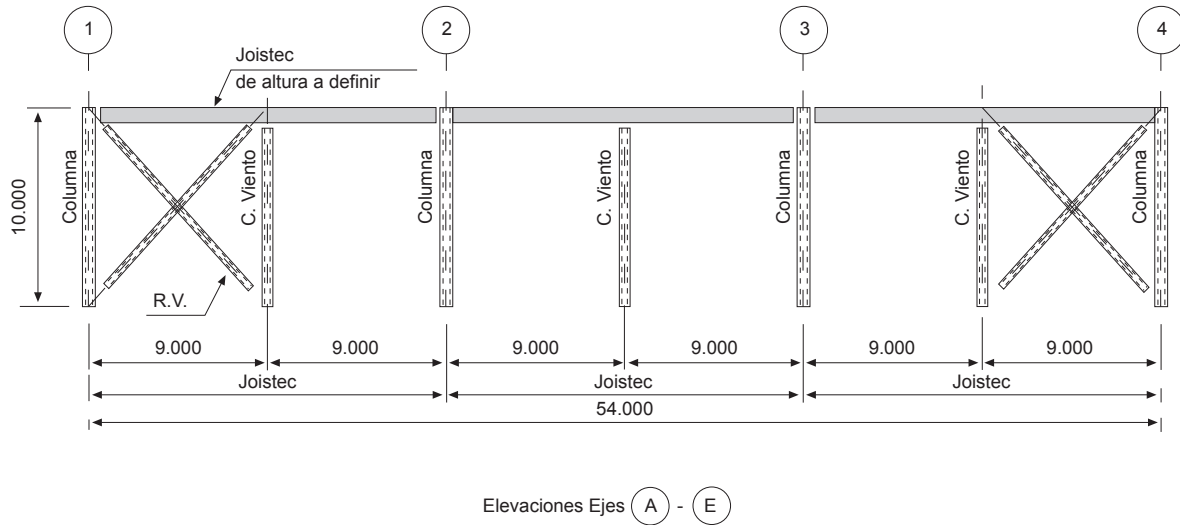
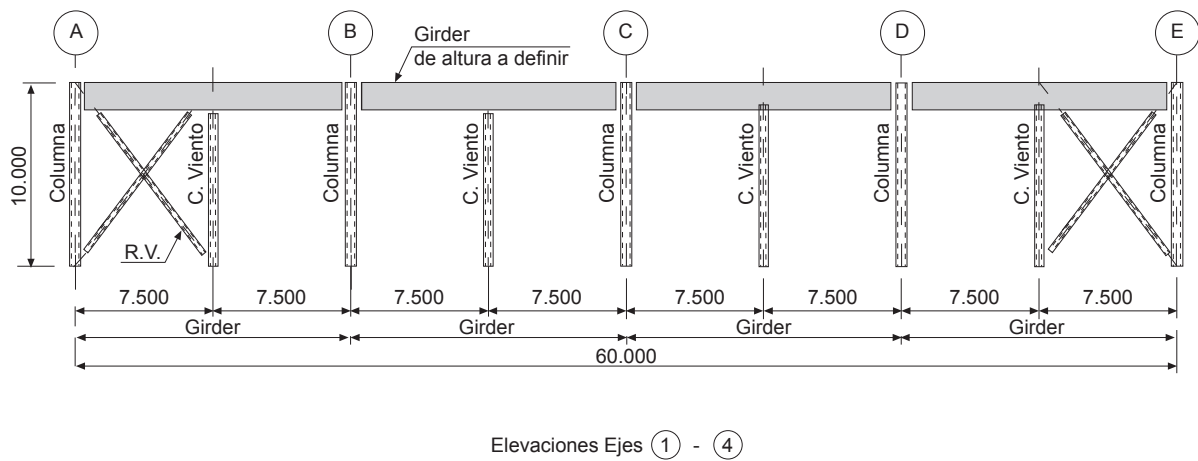


Figura 5.6

Elevación ejes 1 - 4 edificio ejemplo general



Normativa

Se utilizan las normas de solicitaciones oficiales y vigentes en Chile, es decir NCh1537.Of2009 para sobrecargas de cubierta, NCh2369.Of2003 para solicitaciones sísmicas y NCh432.Of2010 para cargas de viento.

Gravitacionales

El edificio tiene una pendiente baja. A criterio del diseñador se considerará una pendiente mínima de 3% para efectos de cálculo de solicitaciones de cubierta.

Sobrecarga (LL) 100 kgf/m² con las reducciones de pendiente y superficie.

$$R_1 = 1 - 0,008A \geq 0,60 \Rightarrow R_1 = 0,600$$

$$R_2 = 1 - 0,0233F \geq 0,30 \Rightarrow R_2 = 0,930$$

Peso Propio Cubierta 6,0 kgf/m²
 Peso Propio Joistec® 12,0 kgf/m² (Valor supuesto en este caso)

Viento

Velocidad de Diseño : $Veloc = 125 \frac{km}{hr} = 34,72 \frac{m}{s}$

Presión Neta : $P_{Net} = \lambda \cdot K_{ZT} \cdot I \cdot P_{Net30}$

Donde:

$$\lambda = 1,0$$

$$K_{ZT} = 1,0$$

$$I = 1,0$$

P_{Net30} : La presión de viento en $\frac{kN}{m^2}$ se obtiene de la Tabla 1 de la norma NCh432.Of2010, como se indica en el extracto de la tabla 5.3 a continuación.

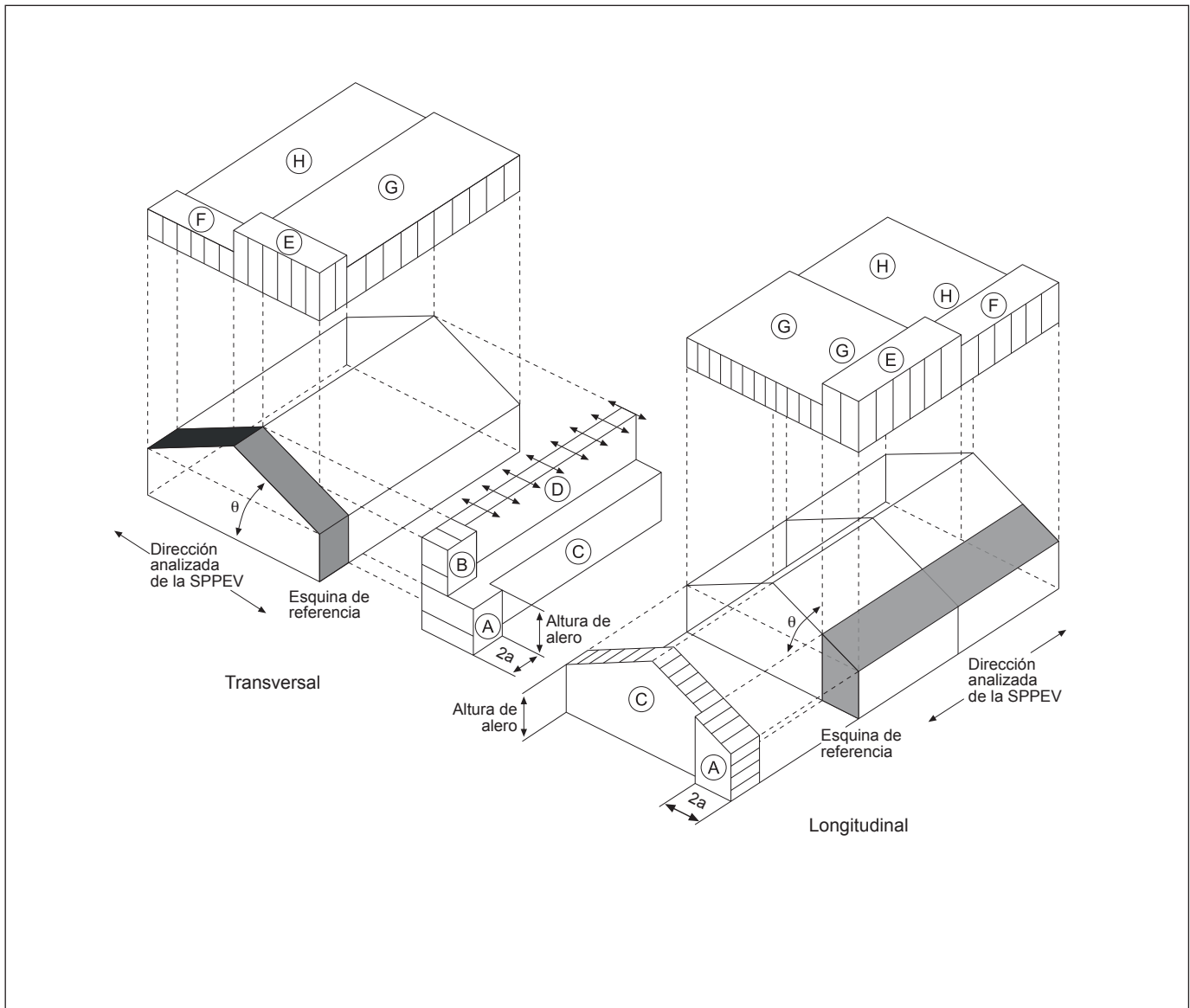
Tabla 5.3
Extracto NCh432.Of2010

Velocidad básica del viento m/s	Ángulo de la cubierta	Caso	Zonas									
			Presiones horizontales kN/m ²				Presiones verticales kN/m ²				Voladizos kN/m ²	
			A	B	C	D	E	F	G	H	Eoh	Goh
35	0° a 5°	1	0,47	-0,24	0,31	-0,14	-0,56	-0,32	-0,39	-0,25	-0,76	-0,61

Dichas presiones se aplican a las diferentes zonas que se muestran en la figura siguiente.

Figura 5.7

Zonificación para la aplicación de la presión del viento (NCh432.Of2010)



Sismo

Se determina el coeficiente sísmico estático de acuerdo a la norma NCh2369.Of2003, atendiendo el acápite de naves de Acero Livianas.

Combinaciones de carga

Para las combinaciones de cargas de diseño, se utilizan las indicadas en la norma NCh3171.Of2010.

Diseño de las Joistec® de Cubierta

Para el dimensionamiento de la Joistec® de cubierta, se

utiliza la combinación de cargas gravitacionales (D+L), y posteriormente se verifican las combinaciones de viento y los casos particulares de los elementos que actúan como puntales de cubierta. Estos elementos tienen una longitud entre apoyos de 18,0 metros, y se encuentran separados 1,5 metros.

Diseño

La altura mínima corresponde a $L/24$, luego las Joistec® de cubierta deberían tener una altura de $18.000/24 = 750$ mm, salvo que por solicitaciones fuera necesario dar una altura mayor.

Se busca en las tablas 3.5 (ASD) y 3.6 (LRFD) de este Manual la serie de 75KR (750 mm de altura) el elemento más liviano que cumpla con tener las cargas distribuidas permanentes y totales indicadas. Al verificar los valores de resistencia y deformaciones se confirma el uso de la *Joistec*® 75KR7.

De la misma tabla, el peso por metro lineal de la *Joistec*® 75KR7 es de 13,6 kg/m, es decir tiene un peso por metro cuadrado de $13,6/1,5 = 9,1 \text{ kg/m}^2$, y dado que es levemente menor al valor supuesto de 12 kg/m^2 , la suposición es adecuada y no hay que rehacer los cálculos.

Diseño de Girders

Para el dimensionamiento de las *Girders* de este caso, se tienen elementos de 15,0 metros de largo entre apoyos, que reciben *Joistec*® cada 1,5 metros, es decir en el décimo de la longitud ($N = 10$).

Para el diseño de las *Girders* se debe calcular la carga puntual proveniente de la *Joistec*®.

De acuerdo a la tabla 3.7 (ASD) de este Manual, la *Girder* apropiada es la 1,4G10N2700, de altura 1.400 mm y largo 15,0 m. Que presenta un peso por metro lineal de 61 kgf/m, interpolado de la tabla indicada, entre el caso de 8N y 12N.

Diseño de Columnas

Toda la resistencia lateral del edificio se debe a los marcos arriostrados perimetrales, luego las columnas interiores pueden diseñarse como bielas, y considerarse un coeficiente de longitud efectiva de 1,0 en ambas direcciones para su verificación. De esta forma, las columnas interiores solo presentan carga axial por las solicitaciones gravitacionales, en tanto las columnas exteriores tienen cargas axiales debido a esfuerzos gravitacionales y de fuerzas horizontales en los paños arriostrados, y esfuerzos de flexión por las solicitaciones de viento, ya que apoyan costaneras laterales.

Estas columnas requieren un radio de giro alto en ambas direcciones, luego los perfiles I no son muy eficientes. Se analiza y confirma solución con un perfil cajón 250x250x4 mm.

Columnas exteriores

Por inspección de los esfuerzos internos de las combinaciones consideradas, se debe verificar las columnas exteriores de acuerdo a los esfuerzos que controlan. Se verifican los esfuerzos combinados y se comprueba la solución de usar un perfil cajón 250x250x4 mm.

Diseño Columnas de Viento

Para las columnas de viento existe una serie de alternativas, pudiendo ser perfiles de sección circular, rectangular, cuadrado o perfiles I y H. Tienen una altura de 10,0 metros, y se ubican cada 9,0 metros en los ejes A - E y cada 7,5 metros en los ejes 1 - 4 para permitir apoyo de costaneras laterales de 9,0 y 7,5 metros.

Estas columnas se diseñan por cargas de viento, que se pueden determinar como elemento simplemente apoyado en vertical con una carga distribuida, que coincide con el resultado del modelo tridimensional del edificio.

Se toman las presiones mayores de acuerdo a la norma NCh432.Of2010 (zona A y C).

Las deformaciones recomendadas por viento para estas columnas son $H/120$, es decir 8,3 cm máximo.

Para combinación eventual de viento en ejes 1 y 4.

No hay compresión en estas columnas, por lo que deben conectarse a la *Joistec*® extrema de tal forma que no soporten su carga vertical, es decir materializar una conexión deslizante en vertical, que se puede hacer mediante perforaciones ovaladas. Por otro lado, deben poder transmitir la reacción del viento a la estructura de cubierta, debiendo verificarse el Puntal Central (Bridging) para tales efectos.

Para este ejemplo general, se selecciona y verifican elementos cajón 250x250x5 mm.

Diseño de Riostras

a) Diseño de Riostras Verticales

Son elementos fundamentales en la estabilidad del edificio, por lo tanto limitaremos la esbeltez al rango de columnas cortas, y se considerará un espesor mínimo de

3,0 mm. Luego del análisis se verifica solución con perfil cajón 150x150x3 mm.

b) Diseño de Riostras de Cubierta

Como criterio para estos elementos de cubierta se determina la capacidad necesaria sin limitaciones de esbeltez máxima, limitando el espesor únicamente a 2,0 mm, ya que se trata de elementos que si bien cumplen una función estructural de traspaso, su falla no implica el colapso parcial o total del edificio. Se verifica solución con perfil cajón 100x100x2 mm.

Diseño de Puntales

Como se ha dicho, una solución económica es utilizar las propias *Joistec*[®] de cubierta como puntales longitudinales, a modo de transmitir esfuerzos de diafragma de cubierta.

Si estas no pudieran cumplir ambas funciones para las combinaciones de carga consideradas, se pueden sustituir estas piezas por una *Joistec*[®] de mayor capacidad. Verificamos los mismos elementos diseñados por condiciones gravitacionales como puntales.

Lo más usado es considerar *Joistec*[®] de la serie K ó LH para puntales y las series KR y LHR para cubiertas.

Hecho el análisis y la verificación correspondiente, se concluye que se deben usar 2 líneas de Bridging longitudinales.

Del mismo modo se deben usar 2 líneas de Bridging horizontales, ubicadas a L/4 y 3L/4, más una fila de Bridging diagonal en L/2, de escuadría L50x50x3 mm.

Tabla 5.4

Cubicación del Ejemplo General

Elemento	Perfil	Cantidad	Largo (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso Total (ton)
<i>Joistec</i> [®] cubierta	75KR7	96	18	13.6	23.50
<i>Joistec</i> [®] puntal	75K7	27	18	17.2	8.36
Riostras cubierta	☒ 100x100x2	48	11.71	6.1	3.43
Riostras verticales	☒ 150x150x3	8	11.71	13.7	1.28
<i>Girders</i>	15BG10N2700	16	15	45.4	10.90
Columna exterior	☒ 250x250x4	8	10.4	30.6	2.55
Columna interior	☒ 250x250x4	12	10.4	30.6	3.82
Columna de viento	☒ 250x200x5	6	9.65	34.03	1.97
Columna de viento	☒ 250x200x5	8	8.9	34.03	2.42
Bridging horizontal	2L40x40x3	240	1.5	3.68	1.32
Bridging diagonal	2L50x50x3	120	1.68	4.68	0.94
Total					60.49 ton
					18.67 kg/m ²

5.5

Casos Especiales
de Diseño

Entre los casos especiales más comunes que se pueden presentar en el diseño de un edificio con el Sistema Constructivo JOISTEC®, se destacan algunos casos comentados en el Manual de Diseño JOISTEC®. Entre ellos:

- ▶ **Joistec® con pendiente**
- ▶ **Girder con pendiente**
- ▶ **Joistec® como puntales de cubierta**
- ▶ **Marcos rígidos**
- ▶ **Joistec® con succión de viento**
- ▶ **Vibraciones**
- ▶ **Estructuración para sistemas de piso**
- ▶ **Detalles Constructivos**

5.5.1

Joistec® con pendiente

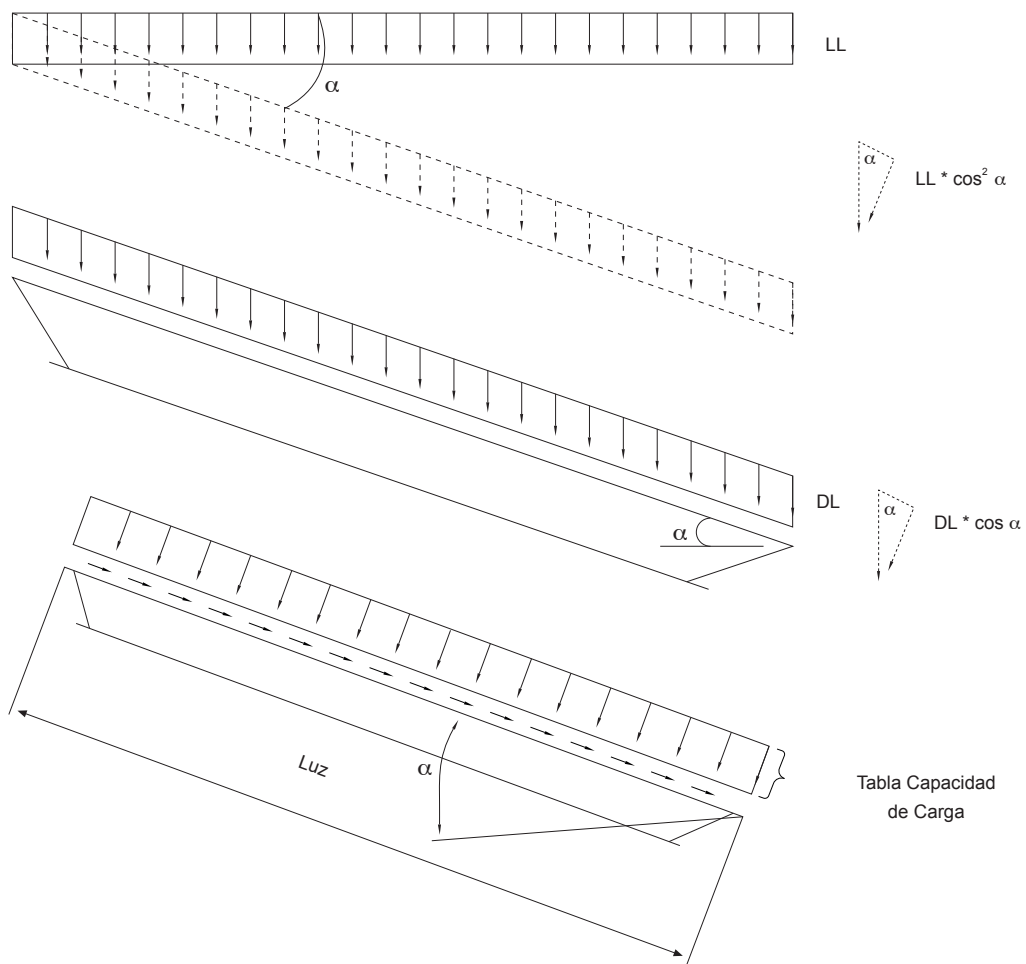
Cuando se empleen *Joistec®* con pendiente se podrán utilizar las tablas de cargas siempre que se considere:

a) La longitud de las *Joistec®* se debe medir a

lo largo de la pendiente y no en el plano horizontal.

b) Si la sobrecarga es aplicada verticalmente sobre la longitud horizontal y la carga muerta de diseño es aplicada verticalmente sobre la longitud inclinada, se deberá seleccionar una *Joistec®* con una capacidad total de $LL * \cos^2 \alpha + DL * \cos \alpha$

Figura 5.8

Joistec® con pendiente

5.5.2

Girder con pendiente

Las pendientes máximas adoptadas para las Girder en el Manual corresponden al 5%, por lo que para pendientes superiores se deberá consultar al Departamento Técnico JOISTEC® de AZA.

5.5.3

Joistec® como puntales de cubierta

Las *Joistec*® pueden ser utilizadas como parte del sistema de arriostamiento, disponiéndolas como puntales longitudinales a fin de que puedan traspasar los esfuerzos horizontales de viento o sismo en su propio plano. Sin embargo, dado que han sido diseñadas para cargas gravitacionales, se deberá verificar que puedan transmitir en conjunto los esfuerzos horizontales y las cargas gravitacionales. El sistema de arriostamiento de cubierta podrá ubicarse bajo la cubierta en el plano de la cuerda superior o en el plano de la cuerda inferior de la *Joistec*®.

En todo caso, cuando se desee emplear *Joistec*® como puntales se deberá indicar al Departamento Técnico JOISTEC® la posición, la ubicación (en el plano inferior o superior de la *Joistec*®) y los esfuerzos horizontales a fin de éste indique qué *Joistec*® utilizar y los eventuales refuerzos o modificaciones que se deban hacer a una *Joistec*® típica de cubierta.

5.5.4

Marcos rígidos

Como sabemos, la resistencia lateral de cualquier edificio se puede dar por arriostamientos (marcos arriostrados) o marcos de momento (marcos rígidos) o por una combinación de ambos. El Sistema Constructivo JOISTEC® está concebido como un sistema muy apropiado para resistir las cargas gravitacionales. Sin embargo, es perfectamente posible hacer trabajar las *Girder* conjuntamente con las columnas, conformando marcos de momento, para lo cual se deberá dar continuidad a la cuerda inferior de la *Girder*. Esto puede significar la inversión de esfuerzos en algunos perfiles, siendo el cambio más importante la generación de compresiones en los extremos de la cuerda inferior de la *Girder*, cuya capacidad en compresión deberá ser verificada.

Si se requiere utilizar las *Girder* como vigas de marcos de momento, se deberá entregar toda la información necesaria al Departamento Técnico JOISTEC® de AZA para que éste entregue una solución adecuada.

5.5.5

Joistec® con succión de viento

Aunque es sabido que las Joistec® están diseñadas para resistir cargas gravitacionales, en algunos casos deberán resistir esfuerzos de viento, generalmente de succión, caso en el cual los esfuerzos se pueden ver invertidos.

Cuando hay succión neta, la cuerda superior pasa de estar comprimida a traccionada, lo que no cambia su dimensionamiento. Sin embargo, la cuerda inferior, pasa de estar traccionada a comprimida, por lo que se deberá verificar la capacidad de absorber dicho esfuerzo. Por otra parte, se deberá considerar los arriostramientos necesarios para la estabilidad como columna en compresión en el extremo. Para ello se puede disponer de una línea de puntales en el primer nudo inferior o extender la cuerda inferior hasta la columna o *Girder*. En este último caso, se debe evitar dar continuidad a la cuerda inferior de la Joistec® disponiendo apoyos deslizantes ya que no se debe olvidar que las Joistec® han sido calculadas como simplemente apoyadas.

El estudio de las series Joistec® ha demostrado que para velocidades de viento iguales o menores de 80km/h en cubiertas planas, no se produce succión neta. Casos de vientos superiores deberán ser verificados por el cálculo.

5.5.6

Vibraciones

En sistemas de piso, especialmente en casos de grandes luces, es conveniente poner atención a las vibraciones que pueden resultar especialmente incómodas en pisos de oficinas ya que afecta la sensación de las personas que se encuentran trabajando en reposo.

De acuerdo a las referencias bibliográficas, las vibraciones se limitan aumentando la rigidez del sistema de piso, lo que se logra aumentando la inercia de las Joistec®. De acuerdo a lo anterior, es posible que las Joistec® queden dimensionadas por condiciones de vibración más que por su capacidad resistente.

El Manual de Diseño del Sistema JOISTEC® menciona dos documentos que se pueden consultar:

- ▶ AISC “*Floor Vibrations Due Human Activity*”
- ▶ SJI “*Vibration of Steel Joist Concrete Slab Floors*”

5.5.7

Estructuración para sistemas de piso

Las series estándar de *Joistec*[®], tanto las tipo K como las LH, sirven para soportar cargas de cubierta y de piso. Cuando exista una losa de hormigón, tradicional o tipo *steel deck*, en los elementos de piso, el pandeo lateral de la cuerda superior o volcamiento está impedido por la propia losa, lo que permite ubicar el sistema de puntal a distancias mayores.

La separación de las *Joistec*[®] en un sistema de piso va a depender del tipo de losa que apoya. Si se utiliza un sistema tipo *steel deck* o *moldajes colaborantes*, el distanciamiento que evita el uso de alzaprimado estará entre 1.500mm y 2.000mm, dependiendo de la placa a utilizar. En todo caso, al igual que en el sistema de cubiertas ya comentado, se produce una mayor economía si las *Joistec*[®] se instalan en la dirección mayor y se disminuye la luz de las *Girders* o las vigas maestras.

Cabe reiterar que las *Joistec*[®] se han diseñado para una sobrecarga directa sobre ellas, sin la colaboración de la losa, por lo que no será necesario considerar una transferencia de corte. Por lo mismo, los conectores de la viga a la losa no deberán tener una capacidad de corte específica si no que solamente vincular la viga a la losa para evitar el volcamiento.

Otras consideraciones relativas a recomendaciones de estructuración del Sistema Constructivo JOISTEC[®] y Estructuración Eficiente han sido tratadas en otros capítulos de este Manual.

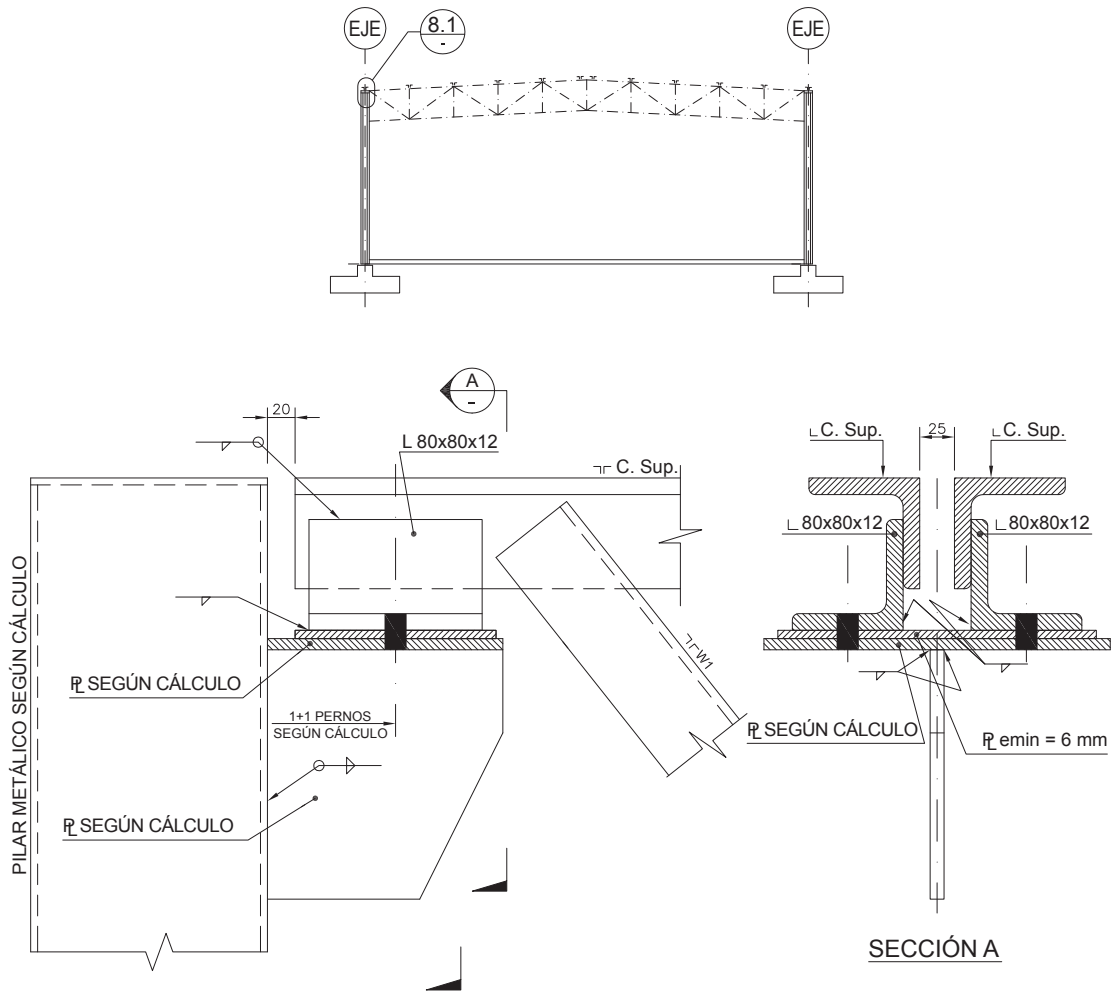
5.6

Detalles Constructivos

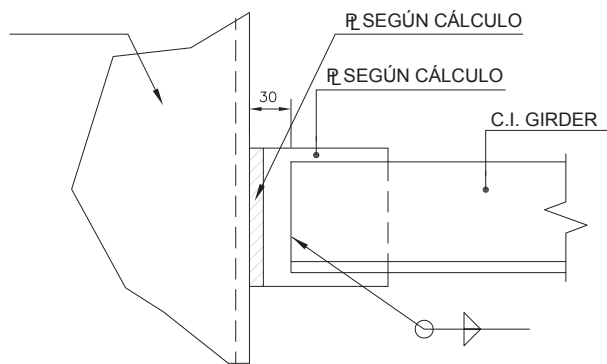
En las páginas siguientes se presenta una serie de detalles típicos que pueden servir de orientación para la resolución económica y eficiente del Sistema Constructivo JOISTEC[®].

Figura 5.9

Unión Girder a columna



DETALLE LLEGADA CUERDA SUPERIOR GIRDER



DETALLE LLEGADA CUERDA INFERIOR GIRDER

Figura 5.10

Unión Joistec® a muro

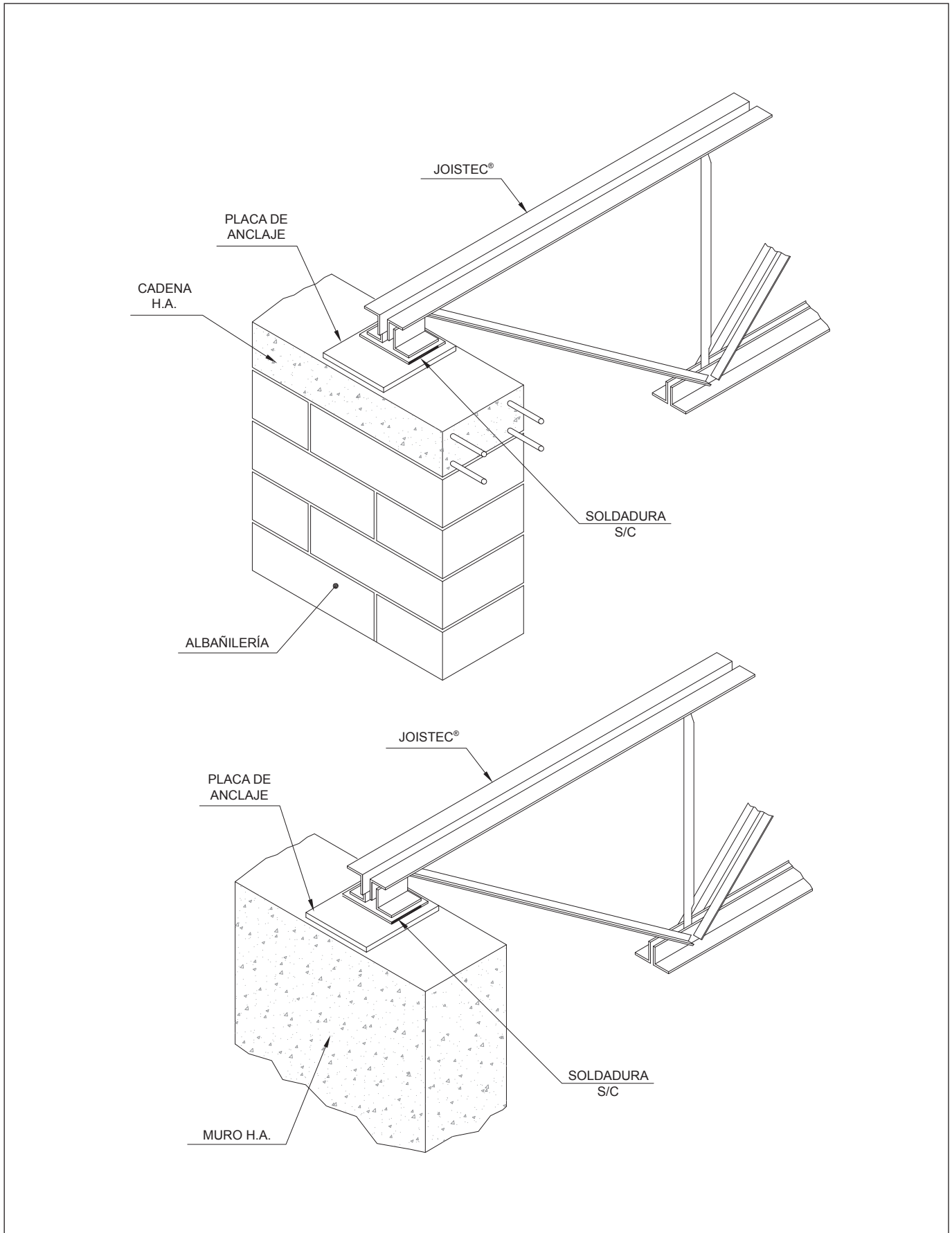
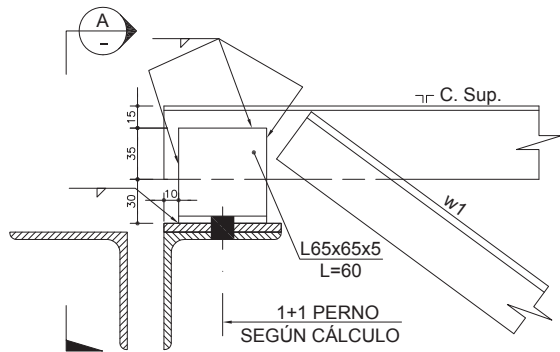
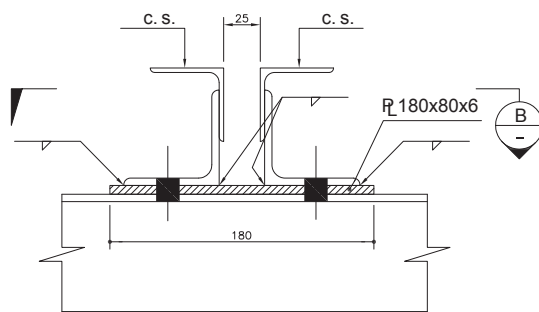
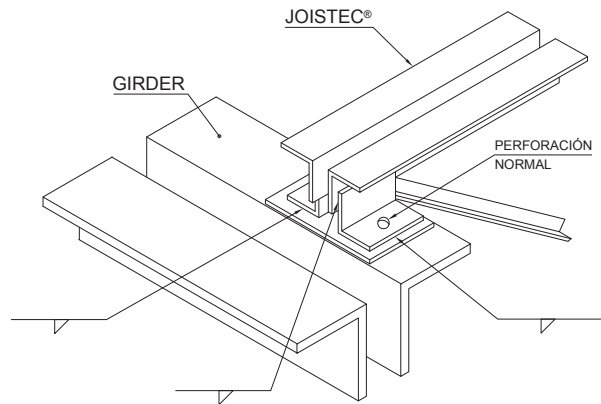


Figura 5.11

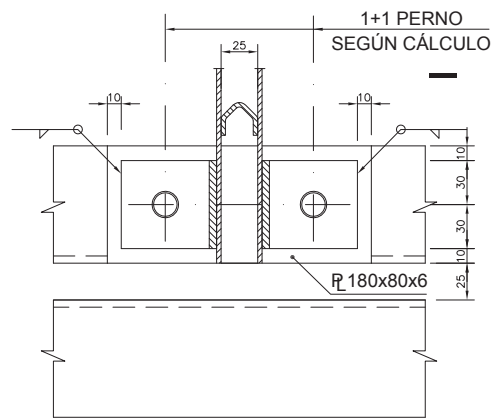
Unión Joistec® a Girder



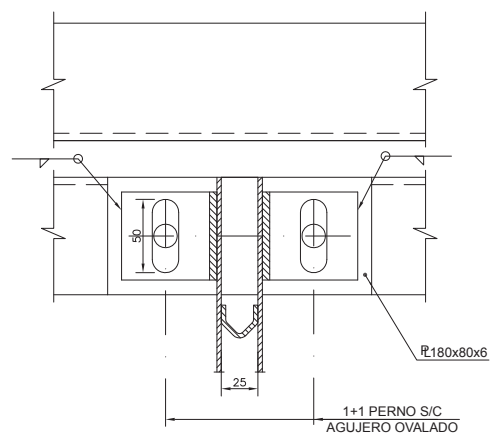
**SILLA DE APOYO ESTÁNDAR
PARA JOISTEC®**



SECCIÓN A



SECCIÓN B



SECCIÓN B (OPUESTO)

Figura 5.12

Detalle de Riostras por cuerda inferior

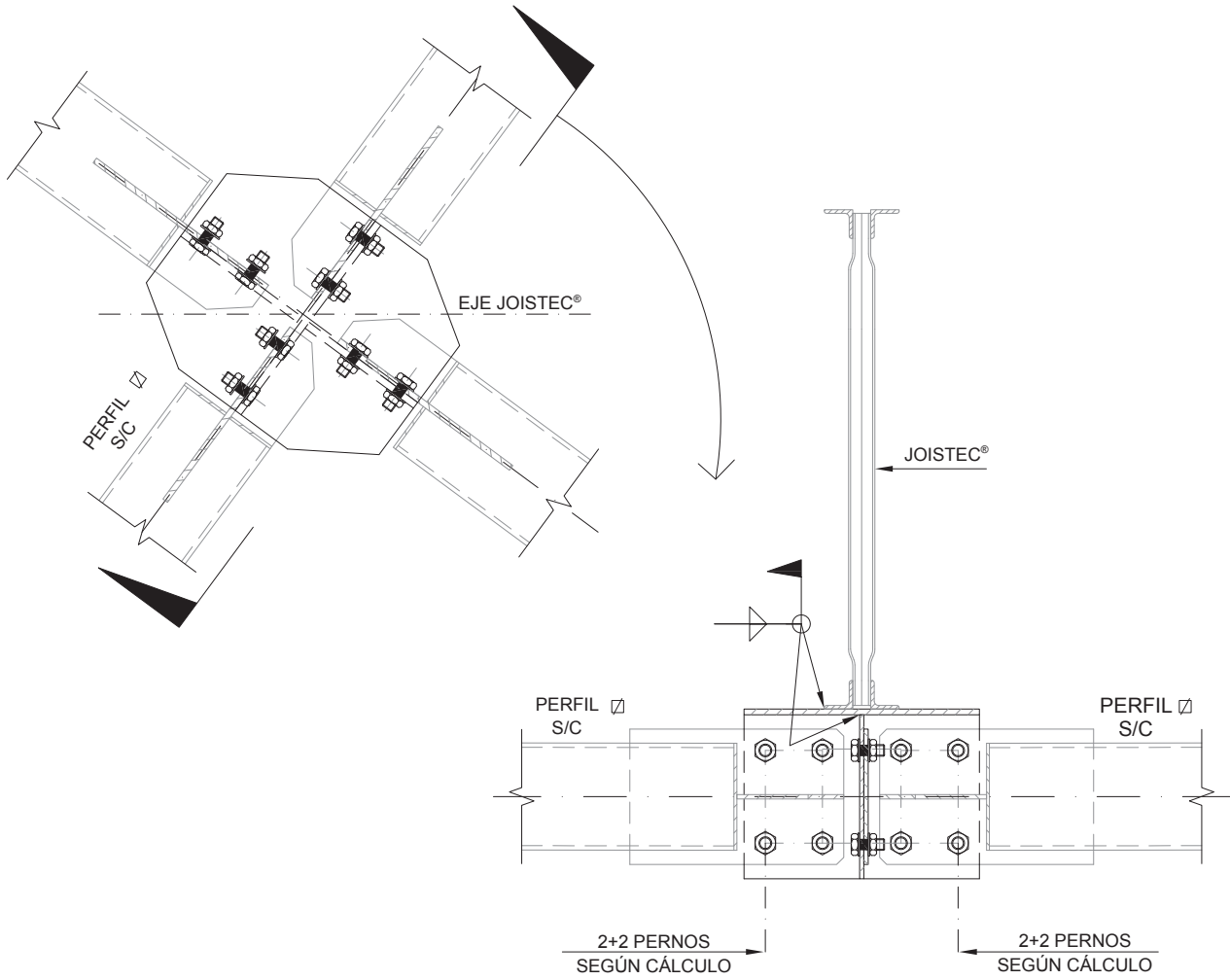


Figura 5.13

Arriostamiento por cuerda superior

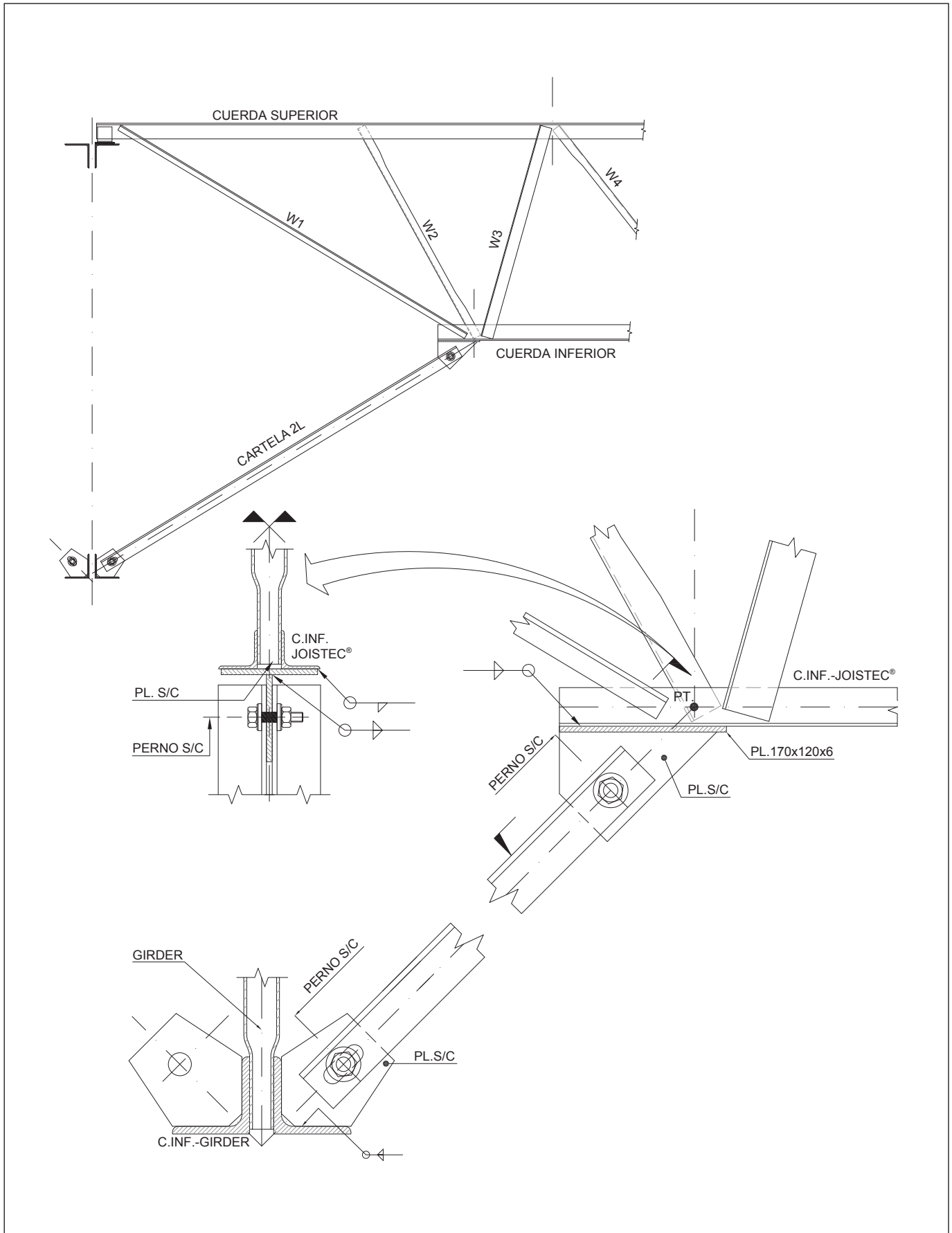
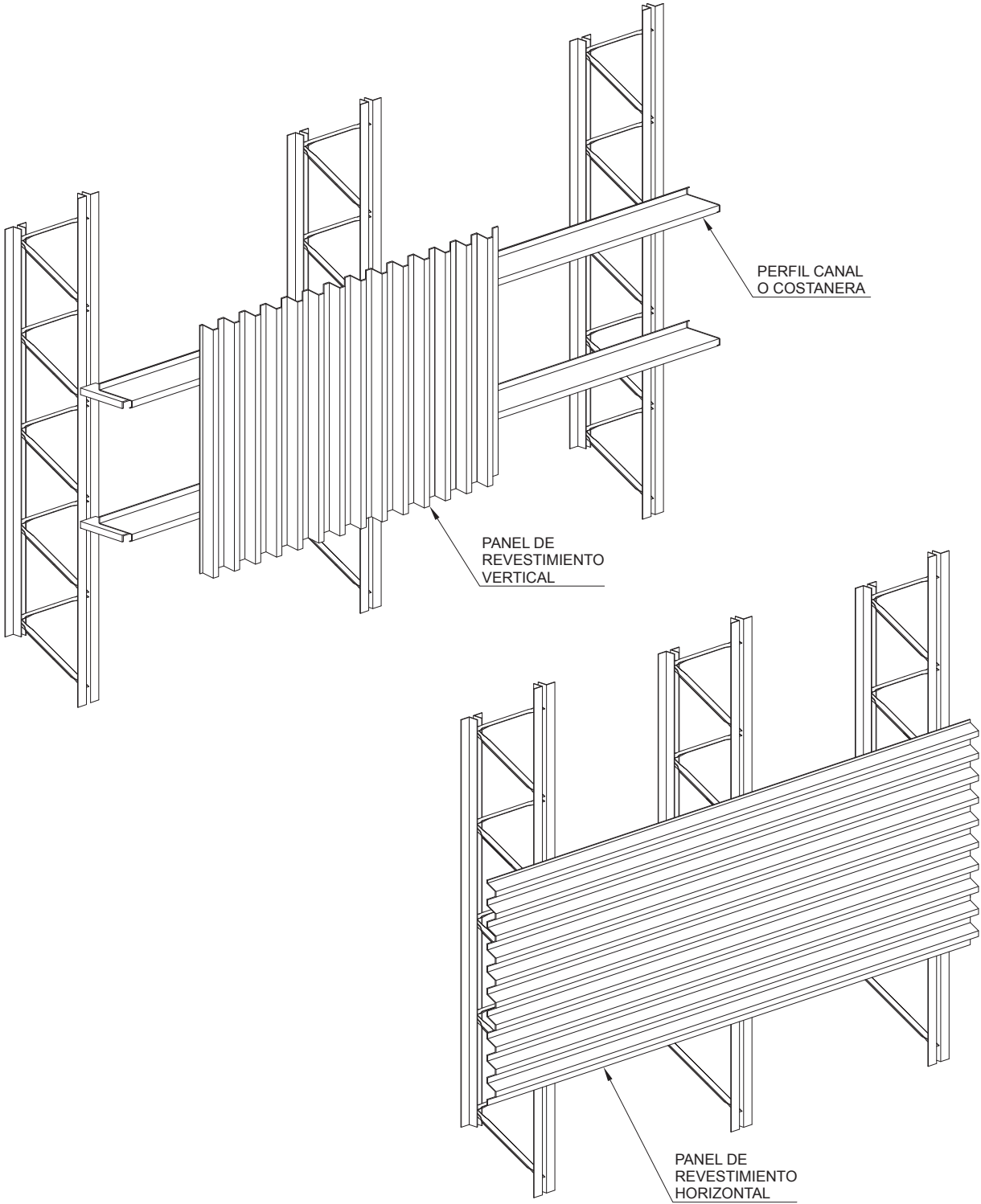


Figura 5.14

Unión Joistec® a revestimientos





MONTAJE DE ELEMENTOS ▶
PREFABRICADOS



CAPÍTULO

6

EJECUCIÓN

6.1

Fabricación

AZA provee el servicio de fabricación de todos los elementos que componen el Sistema Constructivo JOISTEC® de manera que, una vez aclaradas las consideraciones del proyecto de arquitectura y el correspondiente proyecto de cálculo, se podrá someter a consideración de nuestro departamento técnico el expediente para su verificación técnica y valorización.

Para estos efectos y a fin de agilizar los procedimientos de verificación, siempre será recomendable una coordinación temprana en la etapa de anteproyecto. Las recomendaciones que surjan de estos primeros contactos serán de gran utilidad a los proyectistas de arquitectura y del cálculo estructural y, al mismo tiempo, permitirán a AZA estar preparado a fin de dar una oportuna respuesta a los requerimientos futuros.

Es importante destacar que el suministro del Sistema Constructivo JOISTEC® incluye todos sus elementos complementarios como pernos, tuercas, golillas, anclajes y otros. En ese mismo sentido, se deberá concordar y valorar el adecuado tratamiento de la superficie y los sistemas de protección que se aplicarán.

Los planos de fabricación deberán señalar la posición de la identificación de los elementos como una manera de asegurar que se dispongan, ordenen, carguen y aperchen con una identificación claramente reconocible.

El proceso de fabricación implica, también, una correcta planificación no sólo de las actividades en taller sino, especialmente, la adecuada coordinación con la obra a fin de definir secuencia de montaje, fechas de despacho -parcializado o total-, posibilidades de aperche de material en terreno y una serie de otras variables que se deben considerar tempranamente. A esta etapa de

coordinación no es ajena la evaluación de las vías de acceso a la obra, especialmente en atención a que el Sistema Constructivo JOISTEC® permite soluciones estructurales de grandes luces que, eventualmente podrían presentar dificultades en materia de transporte (verificar eventuales cuellos de botella en la accesibilidad: peso a transportar, largos máximos, etc).

Figura 6.1

Fabricación Sistema Constructivo JOISTEC® en Maestranza



6.2

Transporte

Hemos comentado la notable esbeltez de los elementos del Sistema Constructivo JOISTEC®. Esta gran ventaja (en peso y precio), sin embargo, nos obliga a ser especialmente cuidadosos en los procesos de transporte y montaje.

Los elementos que conforman el Sistema Constructivo (*Joistec®* y *Girder*) una vez fabricados deberán ser empaquetados y almacenados con la **cuerda superior hacia abajo** a fin de bajar el centro de gravedad y dar mayor estabilidad al conjunto.

El empaquetado se hace mediante enzunchado metálico o alambres adecuados, cuidando no dañar los vértices y la pintura de protección. Se recomienda usar esquineros plásticos y/o de cartón para estos efectos.

Los paquetes se cargan de forma uniforme y ocupando la totalidad de la superficie de la plataforma del camión. La carga se levantará en forma pareja y según las recomendaciones de los puntos de izaje o apoyos definidos.

Nunca se deberá levantar la carga de los zunchos.

Dependiendo del proceso de fabricación y despacho acordado, se puede considerar cargar varios niveles del camión, habida cuenta de la carga máxima por eje que se debe respetar para el transporte, la verificación de condiciones especiales de la ruta y la precaución de no superar la altura máxima de transporte indicada por el MOP.

Para cargar varios niveles de paquetes de elementos, se recomienda usar separadores en base a cuarterones de madera (mínimo 3"x 3").

Completada la carga del camión, esta se estiba adecuadamente mediante cadenas o eslingas apropiadas que evitan el riesgo de deslizamientos, desplazamientos, desestabilizaciones, volcamientos o caídas que no sólo son un riesgo para los elementos transportados si no que pueden poner en riesgo el transporte en la ruta.

Transporte de
Girder, 1992



Al llegar a la obra, se recomienda verificar la carga antes de su descarga, especialmente **antes de soltar sus amarras**:

- ▶ **Verificación documental y física que asegure la coincidencia entre la guía de despacho y el material recibido.**
- ▶ **Inspección general para verificar posibles desestabilizaciones que pudieren haber afectado a parte de la carga produciendo daños.**
- ▶ **Inspección visual para identificar posible daño físico (deformaciones, rotura de soldadura, etc.).**
- ▶ **Verificar la integridad de los zunchos y amarras de los paquetes para asegurar que no se produzcan caídas o desplazamientos inesperados.**
- ▶ **Levantar la carga siempre desde los puntos de izaje simétricos o previamente identificados. Nunca alzar desde los zunchos.**
- ▶ **Descargar desde la capa superior a la inferior siguiendo una secuencia que evite momentos o puntos desequilibrados.**
- ▶ **Antes de soltar las eslingas de la capa superior a descargar, se recomienda asegurar la carga mediante los cables de izaje para luego soltar las amarras y asegurar el nivel inferior. La secuencia de descarga debe asegurar, en todo momento, la estabilidad de la carga.**

6.3

Aperche

Las *Joistec*® y las *Girder* se deben almacenar y aperchar en obra en la misma posición en la que fueron transportadas, es decir, **en forma vertical y con su cuerda superior hacia abajo**. Si fueron transportadas en posición horizontal, se debe conservar dicha posición al aperchar.

Los elementos que conforman el Sistema Constructivo JOISTEC® deben apercharse separadas del suelo y apoyarse sobre cuartones para evitar el contacto con la humedad. Los cuartones deben posicionar de forma que coincidan con los apoyos de los nudos para evitar flexiones y/o deformaciones de las cuerdas.

Se pueden aperchar en varios niveles, al igual que en el transporte, sin embargo se recomienda no aperchar más de 4 niveles de *Joistec*® o *Girder*. La separación entre los niveles se deberá hacer con cuartones y coincidiendo con los nudos. En todo momento se debe asegurar la estabilidad de la pila de elementos aperchados.

En general, pero especialmente en el caso de elementos distintos, se debe cuidar que la secuencia de aperche sea inversa a la secuencia de montaje, de manera que al desarmar la pila los elementos que primero van a ser montados sean los primeros en ser retirados (sistema FILO: first in - last out).

Para los efectos de facilitar la identificación de los elementos, se recomienda verificar la posición de la identificación de los elementos y asegurarse que quede muy visible para evitar errores en la manipulación, transporte, traslado interno en la obra y montaje.

6.4

Montaje

El montaje se debe programar con antelación y detalle, identificando los ejes, elementos principales y la mejor secuencia de abordar las faenas. Dependiendo del tipo de estructura, se deberán montar primeramente los elementos soportantes verticales (columnas) para luego seguir con los elementos prefabricados del Sistema Constructivo JOISTEC®.

A continuación se deberán montar primeramente las *Girder*, las que recibirán las *Joistec*® de piso o de techumbre. Luego se montan las *Joistec*® de columna (*Joistec*® entre columnas que forman un cuadrante) que actúan como arriostramiento de las columnas en el sentido perpendicular a las *Girder*. Una vez formados los cuadrantes estructurales con *Girder* y *Joistec*® de columna, se procede a montar el resto de las *Joistec*®. Para tal efecto siga las siguientes recomendaciones generales:

1. Tome todas las medidas de seguridad recomendadas por el experto en Prevención de Riesgos de la obra o las indicadas en los procedimientos aprobados por el Steel Joist Institute detalladas en OSHA, capítulo Steel Erection Standard §1926.757, Open Web Steel Joist. Especial cuidado se debe tener si se debe subir personal de montaje a un elemento constructivo del Sistema JOISTEC® antes de ser apuntalado. Cuidar que las *Joistec*® de columna se encuentren fijadas en ambos extremos de sus apoyos antes que alguien se suba a ellas. Para las demás *Joistec*® se debe cuidar que estén fijadas al menos en uno de sus extremos a ambos lados de la silla de apoyo.
2. Cuando se usen conexiones con pernos, se debe cuidar que estén instalados y apretados, asegurando un apriete firme entre ambas superficies a unir.

3. Se deben considerar apuntalamiento de montaje de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 6.1

Requerimiento de Apuntalamiento de Montaje

Luz de la <i>Joistec</i> ®	Apuntalamiento Diagonal
12 a 18 m	1 línea en el centro
sobre 18 m	Todas las líneas

4. En una *Joistec*® que no requiera de puntales de montaje sólo se permite a una persona antes de que estén instalados todos los puntales horizontales.

5. No se deben soltar los cables de izaje en las *Joistec*® que requieren puntales de izaje en el centro del vano o en L/3 hasta que el puntal diagonal se encuentre debidamente instalado y apernado. No permitir más de una persona en estas condiciones hasta que se instalen todos los puntales horizontales restantes.
6. Cuando, por condiciones de obra, no se puedan instalar todos los puntales permanentes (especialmente en los puntos terminales) se deberá instalar puntales temporales que aseguren la estabilidad.
7. Antes de fijar definitivamente una *Joistec*® a la estructura se debe verificar que se encuentren instalados y anclados todos sus puntales.
8. **MONTAJE EN GRUPOS:**
Para efectos de productividad en terreno, algunos montajistas recurren a estrategias de montaje de grupos de *Joistec*®. En todos los casos que se detallan, se debe cuidar dejar instalados todos los puntales, especialmente los terminales, que entregan apuntalamiento lateral efectivo:
 - a) Pares de *Joistec*®, cuidando instalar previamente los puntales diagonales entre ellas, o fijándolos en obra a la *Joistec*® contigua.
 - b) Montaje panelizado, dejando instalados todos los puntales diagonales y horizontales antes del izaje del panel.
 - c) “Árbol de Navidad”, izando una serie de *Joistec*® individuales, cuyo aparejo deberá ser realizado por una persona especializada y cuidando siempre privilegiar la seguridad del personal de obra.
9. **DESCENSO Y POSICIONAMIENTO DE LAS CARGAS:**
Las primeras cargas que se aplican a una estructura corresponden a las de construcción, las que en estas edificaciones corresponden a los paquetes de puntales (*Bridging*) horizontales, paneles de cubierta y circulación de personal de obra.

Antes de aplicar cargas de construcción, asegúrese que las *Joistec*® estén fijadas ya que pueden perder estabilidad si no están apuntaladas.

Distribuya la carga en al menos 3 *Joistec*® ya que se debe cuidar de no superar la capacidad resistente de los elementos que se cargan.

En caso de cargar vigas de acero o *Girder* con *Joistec*® hágalo desde el centro de la luz y desde allí distribuya hacia los extremos.

Para cargar las *Joistec*® con puntales laterales horizontales, hágalo en paquetes que no superen los 445kg y apóyelo a no más de 30 cm del apoyo.







10. NUNCA HAGA:

- a** Dejar caer las *Joistec*[®] desde el camión ni de ninguna forma
Levantar paquetes de *Joistec*[®] por los zunchos
- b** Unir zunchos, cadenas o ganchos a los miembros del alma de las *Joistec*[®]
- c** Almacenar las *Joistec*[®] de costado
- d** Posicionar cargas de construcción en *Joistec*[®] no apuntaladas
- e** Sobrecargar las *Joistec*[®]
- f** Dañar las *Joistec*[®] al soldar en terreno
- g** Usar soldadura de puntos para asegurar apuntalamiento de cuerda inferior
- h** Socavar el material al soldar apuntalamiento en cuerdas inferiores
- i** Reparar o alterar las *Joistec*[®]
- j** Posicionar las *Joistec*[®] entre los puntos del panel de la *Girder*, a menos que se muestre específicamente lo contrario en los planos de instalación
- k** Cortar un puntal

6.5

Recomendaciones de Seguridad

a) Equipos de protección personal

Es recomendable que en obra se cuente, según la envergadura y complejidad, del apoyo de un experto en Prevención de Riesgos. Sin perjuicio de lo anterior, se deberán considerar, al menos, los siguientes elementos y medidas de protección:

- ▶ Casco de seguridad, Clase A, tipo copa, certificado según NCh461.Of77
- ▶ Protección auditiva: adherida al casco o tapón, certificadas según NCh1331/1 y NCh1331/2.Of98 con atenuación del nivel de presión sonora superior a 20dBA.
- ▶ Cuerdas de Vida confeccionadas con cables de acero de ½" de diámetro y distancia máxima de 15,0m entre extremos, afianzadas con 3 prensas Crosby por extremo.
- ▶ Cinturón de Seguridad con doble cola y arnés para trabajos en altura sobre los 1,80 m, certificado según NCh2458.1999.

A lo anterior se deben agregar las medidas de seguridad adecuadas a la zona de trabajo, en consideración a clima y época del año.

b) Obligaciones del montajista

- ▶ Recibir la estructura y consignar en el Libro de Obras el estado en que es recepcionada.
- ▶ Disponer de las herramientas y elementos necesarios para la ejecución de los trabajos.
- ▶ Verificar ubicación y nivel de los pernos de anclaje.
- ▶ Proveer el arriostramiento temporal en tamaño, tipo, posición y cantidad adecuada que sea requerida en la etapa de montaje y conservarlo en posición hasta que el montaje total haya concluido.
- ▶ Informar a la ITO cualquier discrepancia que sea observada y/o detectada entre los documentos del proyecto y/o la realidad de los elementos recibidos o la realidad de terreno.

6.6

Mantenimiento

Toda obra de construcción debe someterse periódicamente a control y a algunas faenas de mantenimiento. En general, la periodicidad de las tareas de mantenimiento en una edificación depende del destino y del uso de la construcción y se debe ajustar a criterios y procedimientos estudiados y programados. Lo anterior, que debemos considerar como de obras de mantenimiento preventivo, no evita, sin embargo, la ocurrencia de situaciones excepcionales y hasta accidentales que pueden afectar a un edificio y que obligarán, en su momento, a la realización de actividades o tareas de emergencia.

Un ejemplo de lo anterior se presenta después de la ocurrencia de un sismo de envergadura, de temporales de viento y lluvia excepcionalmente fuertes, de inundaciones producto de salidas de ríos o canales, de incendios o conatos de incendio y tantas otras situaciones largas de enumerar. Después de todas ellas será conveniente, aún si no se reportan daños evidentes que afecten la operatividad del edificio, hacer una inspección visual completa del estado del edificio a fin de tener una perspectiva y un diagnóstico para programar o reprogramar intervenciones puntuales o actividades fuera del programa inicialmente previsto. De estas inspecciones se podrá derivar, por su parte, la recomendación de procesos de evaluación y/o diagnósticos más profundos y precisos que demanden, por ejemplo, la realización de ensayos de laboratorio, tomas de muestras y aún inspecciones invasivas o destructivas.

Aunque escapa al alcance de este Manual, en la tabla siguiente se detallan algunas de las recomendaciones de mantenimiento generales para todo tipo de edificios que se agrupan por partidas principales, detallando la actividad y periodicidad de su ejecución.

Tabla 6.2

Recomendaciones Generales de Mantenimiento

Item	Partida	Periodicidad Meses			
		Revisar	Limpiar	Lubricar	Reponer
1.	Instalaciones				
1.1	Instalación Sanitaria				
	Sellos artefactos	6			
	Humedades en muros	12			
	Hongos		6		
	Sifones, artefactos y cámaras desgrasadoras		6		
	Cámaras de inspección	12			
1.2	Instalación eléctrica y corrientes débiles				
	Enchufes y artefactos	12			
	Circuitos y accesorios	12			
2.0	Cubierta				
	Canales y bajadas de aguas lluvias		4		
	Cubierta	12			
	Forros, sellos y pasadas	12			
3.0	Muros exteriores				
	Pintura				36
	Forros	12			
	Sellos	6			
4.0	Muros interiores				24
	Guardapolvos y junquillos	12			
	Pintura				24
5.0	Pisos				
	Plásticos		0,2		
	Cerámicos		0,2		
	Alfombras		6		
	Hormigón	12	0,2		
6.0	Cielos				
	Revisar	24	12		
7.0	Quincallería			12	

Por su parte, nos parece importante recomendar las labores de trabajo preventivo y de mantenimiento para la estructura del Sistema Constructivo JOISTEC®, las que se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 6.3
Mantenimiento Estructuras Sistema Constructivo JOISTEC®

Item	Elemento	Periodicidad Meses				
		Revisar	Limpiar	Repase pintura	Reponer	Reaprete
1.	<i>GIRDER</i>					
	Flecha	12				
	Apoyos y anclajes	12				12
	Miembros		24	48		
2.	<i>JOISTEC®</i>					
	Apoyos y conexiones					24
	Miembros		24	48		
3.	PINTURAS - PROTECCIÓN					
	Intumescente <i>Girder</i>	12		72		
	Anticorrosivo normal					
	Galvanizado por inmersión en caliente	12	24			

No obstante estas recomendaciones, es importante recalcar que las indicaciones que se detallan para los efectos de prevención de la corrosión son muy sensibles y variables a dos condiciones básicas: uso y medio ambiente.

Por otra parte, tal como se ha mencionado, la reposición del sistema de protección superficial de la corrosión dependerá del tipo de protección que se haya especificado en el proyecto original.

Una protección de alto grado (por ejemplo, epóxicos de doble componente, galvanización por inmersión en caliente, sistemas dúplex, etc) permite distanciar en forma importante las faenas de mantención.

La periodicidad de aplicación de las pinturas intumescentes (de protección contra el fuego) debe ser consensuada y recomendadas por el fabricante.



COMPLEJO FRONTERIZO ▶
CHUNGARÁ



CAPÍTULO

7

OBRAS EJECUTADAS
EN CHILE

Complejo Fronterizo Chungará, XV Región Chungará, 2015

Destino: Paso aduanero Chungará

Área: 15.000m²

Arquitecto: BV Arquitectos

Calculista: Tecnoforma

Constructora: Claro Vicuña Valenzuela

Maestranza: MACHILE





Centro de Bodegas y Oficinas Los Boldos, Valle Grande, 2011

Destino: Bodegas

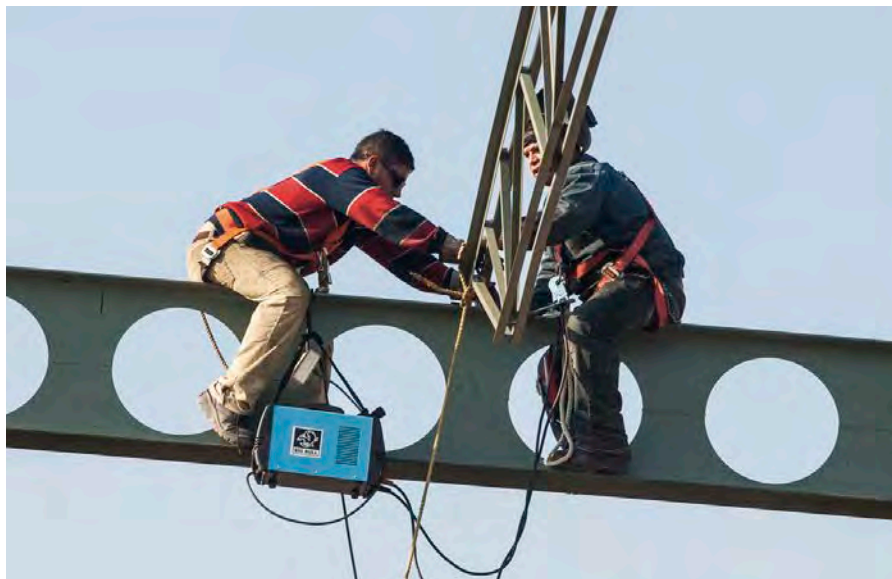
Área: 2.325m²

Calculista: BMing

Constructora: Amadeo Gómez Figueroa

Maestranza: Amadeo Gómez Figueroa





Supermercado MPU, Maipú, 2013

Destino: Supermercado

Área: 2.000m²

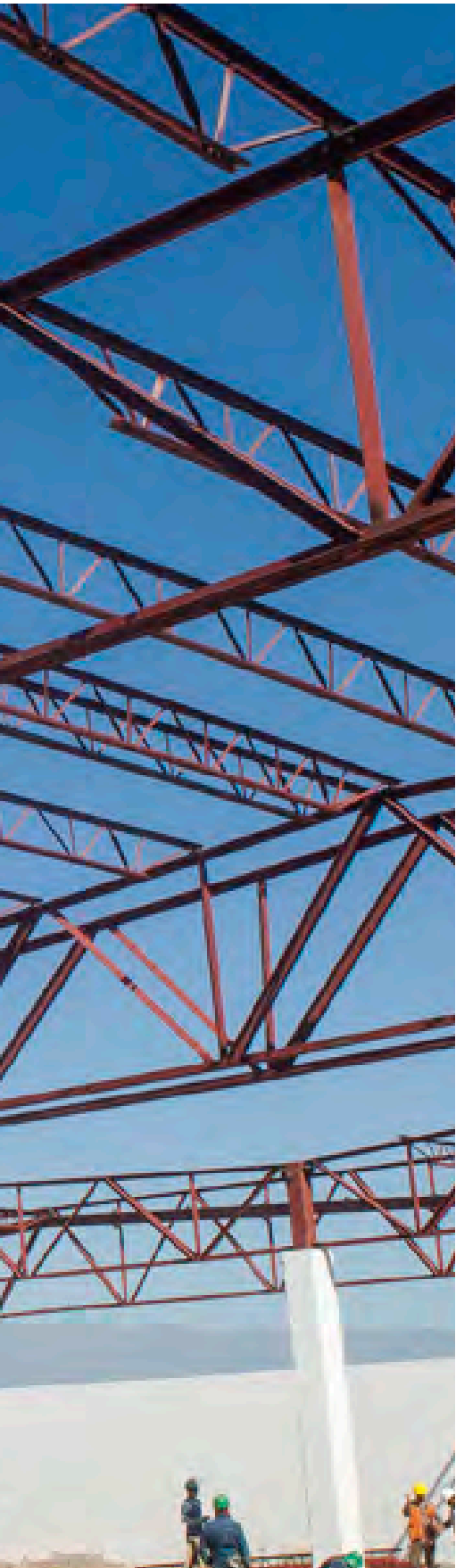
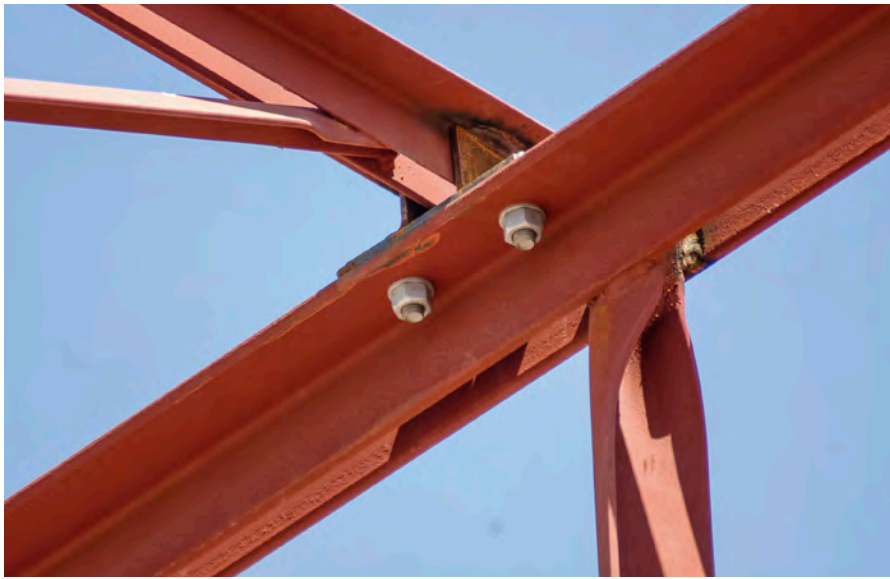
Arquitecto: Oppici Urzúa Arquitectos Ltda.

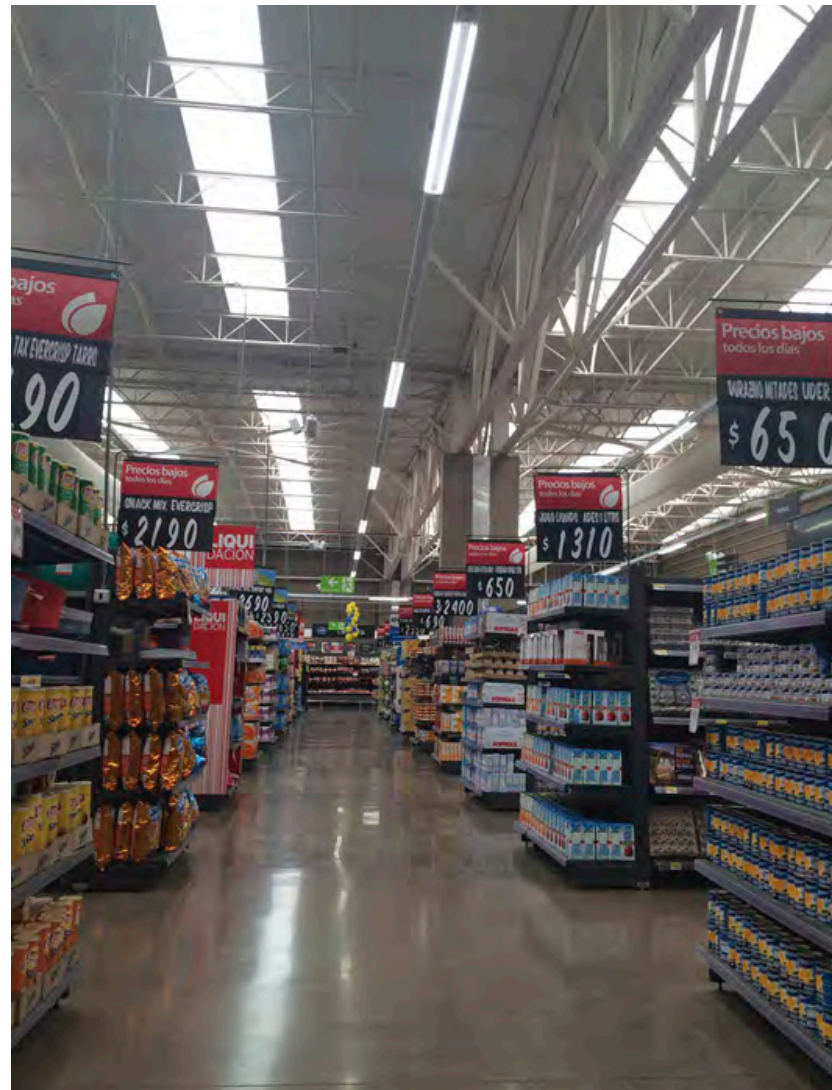
Calculista: Spoerer y Asociados

Constructora: KyP

Maestranza: Maestranza Águila







Distribuidora Andrade, Iquique, 2014

Destino: Distribuidora de Materiales de Construcción

Área: 2.000m²

Arquitecto: Soledad Bazán

Calculista: Claudio Sánchez Pérez

Maestranza: Maestranza Maipú



Cámara Frigorífica Alifrut, San Carlos, 2013

Destino: Cámara Frigorífica

Área: 3.515m²

Arquitecto: Tecnoforma

Calculista: Tecnoforma

Constructora: Constructora Atrium

Maestranza: Constructora Atrium





Bodenor Finning, Enea - Pudahuel, 2014

Destino: Centro de Distribución

Área: 7.000m²

Arquitecto: Cuarq

Calculista: RG Ingenieros

Constructora: Bodenor Flexcenter

Maestranza: Maestranza Maipú









Nave Industrial Frutícola Milahue, Longaví - Linares, 2013

Destino: Nave Industrial Frutícola

Área: 3.367m²

Arquitecto: Scarella & Scarella Ltda.

Calculista: Luis Della Valle & Asociados





Nave Industrial, Renca, 2013

Destino: Nave Industrial

Área: 3.600m²

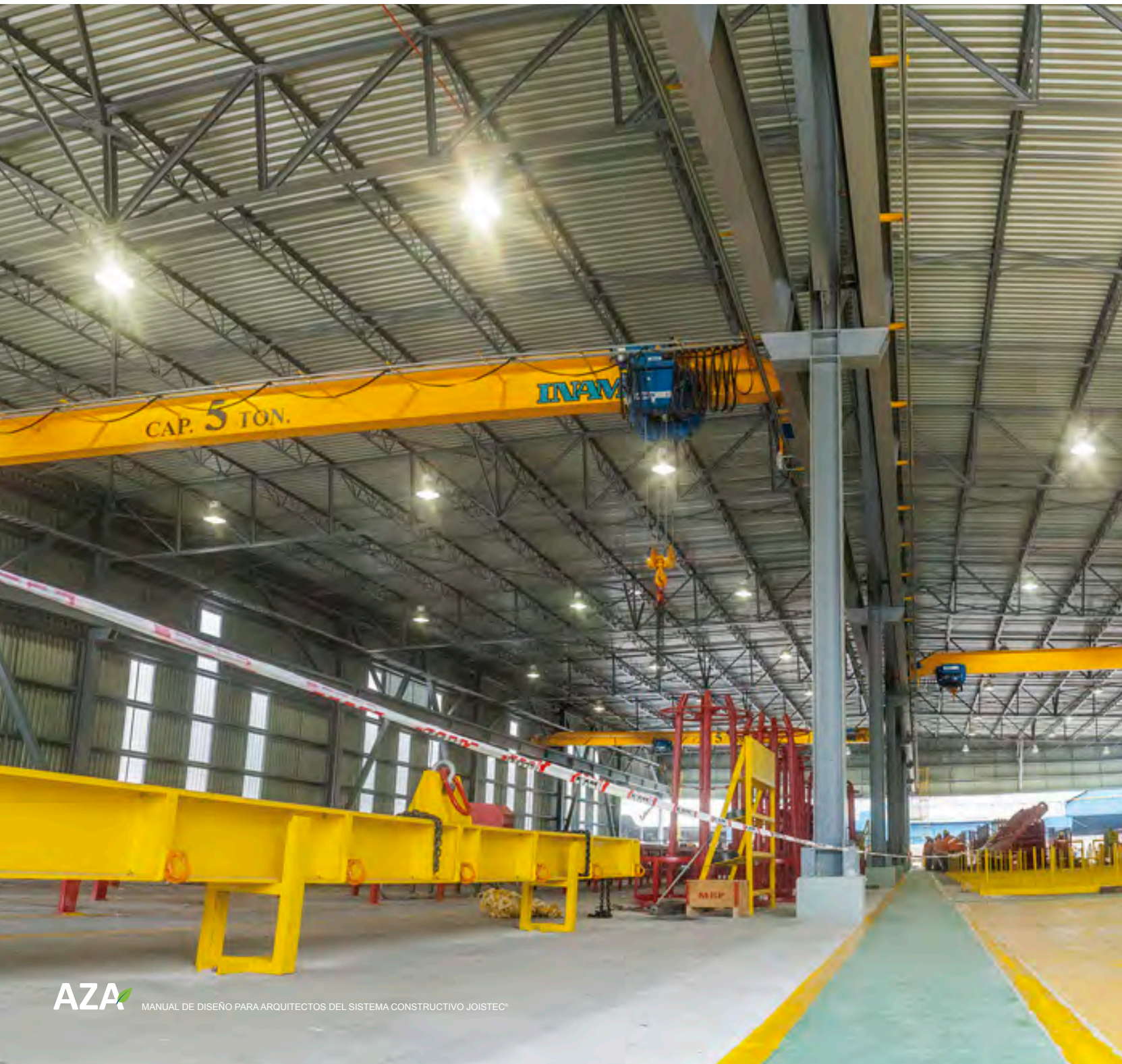
Arquitecto: Azar Arquitectos

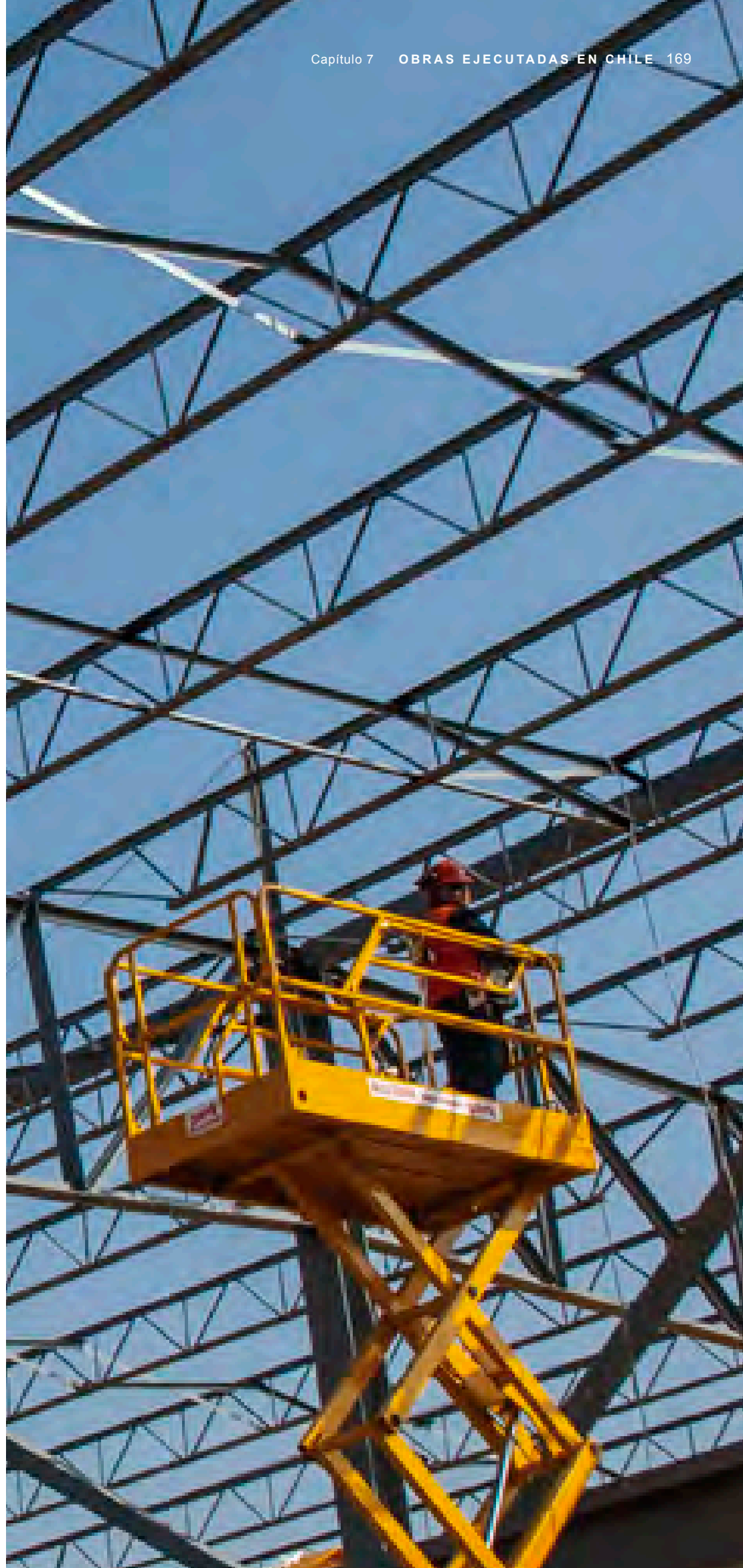
Calculista: Bming

Maestranza: Maestranza Maipú









Bodegas Premier, San Bernardo, 2013

Destino: Centro de Distribución

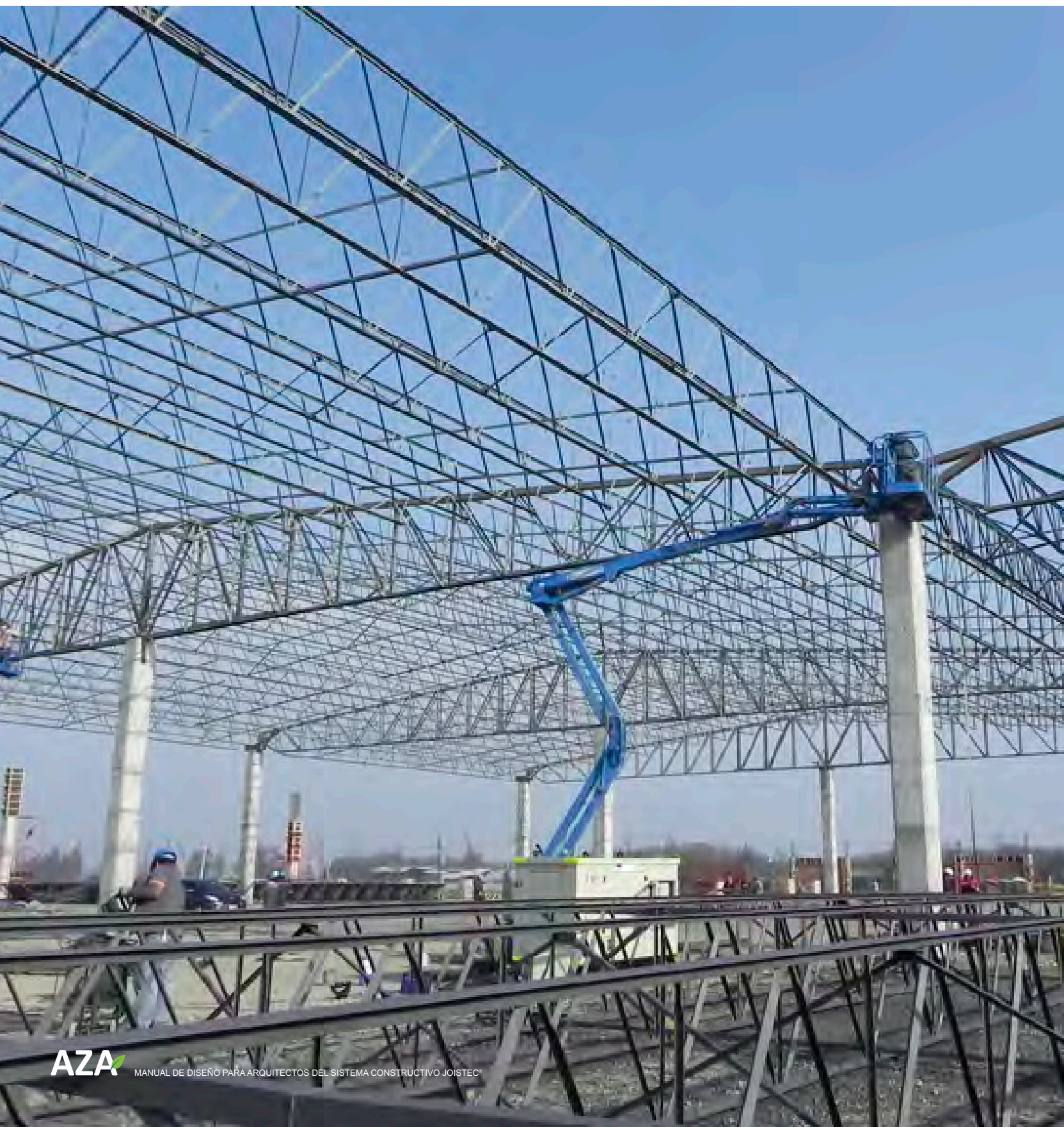
Área: 29.800m²

Arquitecto: Tecnoforma

Calculista: Tecnoforma

Constructora: Constructora Atrium

Maestranza: Constructora Atrium









Supermercado SBA, Maipú, 2014

Destino: Supermercado

Área: 3.888 m²

Arquitecto: FPA Arquitectos

Calculista: RSA Ingeniería

Maestranza: Maestranza Maipú



Bodenor Parque 5, Enea - Pudahuel, 2014

Destino: Centro de Distribución

Área: 25.500m²

Arquitecto: Cuarq

Calculista: RG Ingenieros

Constructora: Bodenor Flexcenter

Maestranza: Maestranza Maipú











ANEXOS

A.1

Análisis Ciclo de Vida

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTOS

Según normas ISO 14025 e ISO 21930

PERFILES DE ACERO A270ES

RESUMEN			
Programa	DAPCO Programa de Declaración Ambiental de Productos de Construcción	www.dapco.cl	
Administrador del programa	IDIEM Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales de la Universidad de Chile	www.idiem.cl	
	CDT Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción	www.cdt.cl	
	FCH Fundación Chile	www.fundacionchile.cl	
Número de declaración	USO-DAP-002.B.2013		
Unidad declarada de producto	1 kilogramo de Perfil de Acero A270ES		

DESCRIPCIÓN DE LOS LÍMITES DE SISTEMA

(✓ = Incluidos en ACV; MND = módulo no declarado)

Etapa I Producto			Etapa II Diseño y Construcción		Etapa III Uso y Mantenimiento					Etapa IV Fin de la vida útil			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suministro de materia prima	Transporte	Manufactura	Transporte	Proceso de construcción e instalación	Uso	Mantenimiento	Reparación (+ transporte)	Reemplazo (+ transporte)	Renovación (+ transporte)	Deconstrucción - demolición	Transporte	Re-utilización / Reciclaje	Disposición final
✓	✓	✓	✓	MND*	MND*	MND*	MND*	MND*	MND*	✓	✓	✓	✓

*Los impactos ambientales correspondientes a estos módulos de información son ambientalmente no significativos o "despreciables", por lo que no se detallan en la declaración (etapas de Diseño y Construcción, y de Uso y Mantenimiento). Esta DAP se acoge a las excepciones establecidas por la norma ISO 14.025 descritas en "Caso 2: Módulos de información que pueden constituir DAP" (sección 3.1.2 Reglas Generales de Operación del programa DAPCO).

Resultados del ACV

Impacto Ambiental

Unidad declarada: 1kg de perfil de acero A270ES

Categoría de impacto	Unidad	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Total
Potencial de calentamiento global (GWP100)	[kg CO ₂ -Eq.]	5,60E-01	-	-	3,80E-04	5,60E-01
Degradación de la capa de ozono (ODP)	[kg CFC11-Eq.]	4.10E-08	-	-	4,88E-11	4.11E-08
Creación de Ozono fotoquímico	[kg C ₂ H ₄ Eq.]	4,10E-04	-	-	6,95E-08	4,11E-04
Degradación de recursos abióticos	[kg Sb Eq.]	4.09E-03	-	-	2,47E-06	4.09E-03
Potencial de acidificación	[kg SO ₂ -Eq.]	1,81E-03	-	-	2,88E-06	1,81E-03
Potencial de eutrofización	[kg PO ₄ ³⁻ - Eq.]	7,81E-04	-	-	6,36E-07	7,82E-04

Resultados del ACV

Uso de Recursos

Unidad declarada: 1kg de perfil de acero A270ES

Parámetro	Unidad	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Total
Energía No Renovable (petróleo crudo, carbón mineral, gas natural, uranio y otros)	[MJ]	8,70E+00	-	-	5,27E-03	8,70E+00
Energía Renovable (Hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotermia)	[MJ]	1,23E+00	-	-	1,16E-05	1,23E+00
Consumo de agua potable	[kg]	9,74E+00	-	-	1,00E-03	9,74E+00

Resultados del ACV

Generación de Residuos

Unidad declarada: 1kg de perfil de acero A270ES

Parámetro	Unidad	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Total
Material de desecho	[kg]	-3.38E-05	-	-	-	-3.38E-05
Residuos peligrosos	[kg]	2,93E-02	-	-	-	2,93E-02
Residuos radiactivos	[kg]	1,65E-05	-	-	-	1,65E-05
Bienes acumulables	[kg]	6,11E-05	-	-	-	6,11E-05

A.2

Contribución Créditos LEED® del Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA

Contribución por Categoría LEED®

Categoría: Materiales y Recursos

Estructuras Metálicas

PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

PUNTOS POSIBLES

1 Pt.

MR Crédito 3.0 – Compra Sustentable, Alteraciones y Adiciones a Instalaciones

Sistema de Certificación Aplicable: EBOM

Contribución del Producto

Los productos y materiales instalados permanentemente en la obra, contribuyen al cumplimiento de este crédito cuando poseen al menos 1 atributo considerado “compras sustentables” del proyecto.

El crédito determina como atributo sustentables las siguientes propiedades del producto:

- Los productos deben contener al menos un 10% de contenido reciclado postconsumo, y/o
- Los productos deben contener al menos un 50% de material extraído, procesado y manufacturado a menos de 805 km (500 millas) del proyecto.

Bajo este contexto, el “Sistema Constructivo JOISTEC®” de la empresa AZA, contribuye con los 2 atributos ya que poseen 98% de contenido reciclado postconsumo, correspondiente a su componente de chatarra reciclada y 85% de material regional, tomando como referencia un edificio en Santiago, Chile.

El edificio podrá obtener el punto si realiza al menos un 50% de compras sustentables en relación al total de las compras (por costo) realizadas durante el periodo de evaluación del edificio.

PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES

PUNTOS POSIBLES

1 - 2 Pts.

MR Crédito 4.0 – Contenido Reciclado

Sistema de Certificación Aplicable: NC, CS, Schools y CI

Contribución de los Productos

Los productos y materiales que sean instalados permanentemente en la obra, contribuyen al cumplimiento de este crédito siempre que posean contenido reciclado preconsumo o postconsumo.

El “Sistema Constructivo JOISTEC®” de la empresa AZA, contribuye en este crédito ya que aportan con un 98% de contenido reciclado postconsumo, correspondiente a su componente de chatarra reciclada.

Considerando estos valores y el porcentaje de contenido reciclado de la totalidad de los materiales utilizados en la obra, un proyecto podrá obtener 1 punto en este crédito si incorpora un 10% y 2 puntos si logra el 20% de contenido reciclado, considerando el costo total de los materiales permanentemente instalados en obra.

Nota:

Ver los criterios para el cálculo de material regional en el crédito: MR Crédito 5.0 – Material Regional.

Contribución por Categoría LEED®

Categoría: Materiales y Recursos

Estructuras Metálicas**PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS APLICABLES**

PUNTOS POSIBLES

1 - 2 Pts.**MR Crédito 5.0 – Material Regional**

Sistema de Certificación Aplicable: NC, CS, Schools y CI

Contribución de los Productos

Para la contribución de los productos en este crédito, es necesario que uno o más componentes del producto sean extraídos, procesados y manufacturados a menos de 805 km, de un proyecto a certificar.

Bajo estas condiciones, el “Sistema Constructivo JOISTEC®” contribuyen con un 85% de material regional.

Componentes	Lugar de Extracción de Materia Prima (EMP)	Dist. entre el proyecto y el lugar EMP		Planta de procesamiento y manufactura	Dist. entre el proyecto y el lugar EMP		Relación con El total (%)	Califica como material regional
		Km	Millas		Km	Millas		
Componente 1	San Juan, Argentina	291	181	RM Panamericana Norte Sur Km 18.5, Colina	0	0	0,3%	0,3%
Componente 2	Trujillo, Perú	-	-		0	0	0,8%	-
Componente 3	Minas Gerais, Brasil	-	-		0	0	0,5%	-
Componente 4	Rusia y China	-	-		0	0	0,9%	-
Componente 5	Calle Milano 03605, Barrio Industrial, Temuco	617	384		0	0	5,7%	5,7%
	Lapislazuli 367, Sector La Chimba, Antofagasta	1098	682		0	0	12,7%	-
	Jaime Repullo 1014, Talcahuano	430	268		0	0	7,5%	7,5%
	Panamericana Norte Sur Km 18.5, Colina, Santiago	0	0		0	0	71,7%	71,7%
Total peso producto							100%	
Porcentaje de Material Regional del producto							85%	

Certificación LEED® Nuevas Construcciones (NC), Núcleo y Envolverte (CS), Escuelas (SCH)

Tomando en cuenta estos valores y el porcentaje de material regional de la totalidad de los materiales utilizados en la obra, un proyecto podrá obtener 1 punto en este crédito si incorpora un 10% y 2 puntos si logra el 20% de material regional, considerando el costo total de los materiales instalados en obra.

Certificación LEED® Interiores Comerciales (CI)

Bajo la opción 2 de crédito, un proyecto podrá obtener 2 puntos si incorpora al menos un 10% de materiales de construcción y materiales de la División 12 (mobiliario), que sean extraídos, procesados y manufacturados dentro de un radio de 500 millas (805 km).

Nota:

El porcentaje de material regional está sujeto a la ubicación particular de cada proyecto sometido a certificación LEED®. En este caso se considera material regional todos los componentes del producto que son extraídos, procesados y manufacturados a menos de 805 km desde un proyecto ubicado en Plaza de Armas, Santiago de Chile.

Oportunidad Créditos LEED®	Certificaciones LEED® Aplicables				
	Nuevas Construcciones (Nc)	Núcleo y Envolverte (Cs)	Colegios (Schools)	Edificios Existentes (Ebom)	Interiores Comerciales
MR Crédito 3.0: Compra Sustentable - Alteraciones y Adiciones a Instalaciones	N/A	N/A	N/A	✓	N/A
MR Crédito 4.0: Contenido Reciclado	✓	✓	✓	N/A	✓
MR Crédito 5.0: Materiales Regionales	✓	✓	✓	N/A	✓

A.3

Ensayos de Verificación del Diseño Estructural Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA

Objetivo de los Ensayos

Estos ensayos se realizaron para verificar que un conjunto de *Joistec*®, representativas de las que se emplean habitualmente como estructuras de pisos y techumbres, cumplan con las propiedades mecánicas calculadas según las bases de este Manual.

Para esto se realizaron ensayos de carga y deformación, que determinan la servicialidad de las *Joistec*® y dan cuenta del tipo de fallas que podemos esperar frente a estos estados de carga llevados al extremo, previos al colapso. También se determinó probar en qué medida la operación de crimpeado de los ángulos del alma podría afectar las propiedades resistentes del perfil y de las *Joistec*® en su conjunto.

Descripción de los Ensayos

Para cada ensayo y para estudiar estos fenómenos, se instalaron 2 *Joistec*® paralelas, las cuales fueron arriostradas entre sí y confinadas para que sólo se desplazaran en forma vertical, evitando así el pandeo lateral de estas. Luego se aplicaron cargas discretas, materializadas en cubos de hormigón de 20 cm de arista, uniformemente distribuidos sobre una plataforma de madera encargada de transmitir las cargas a las probetas. Las probetas se fabricaron con ángulos laminados en caliente AZA, en acero Grado A270ES, según NCh203.Of2006.

En cada ensayo se verificaron tres estados: Uno donde la sobrecarga de diseño de las tablas de carga, produce una deformación en la *Joistec*® hasta la condición de $L/360$, y se midió la deformación efectiva para compararla con la teórica, lo mismo se hizo con la condición $L/240$ y un último estado de carga hasta el colapso de la *Joistec*®.

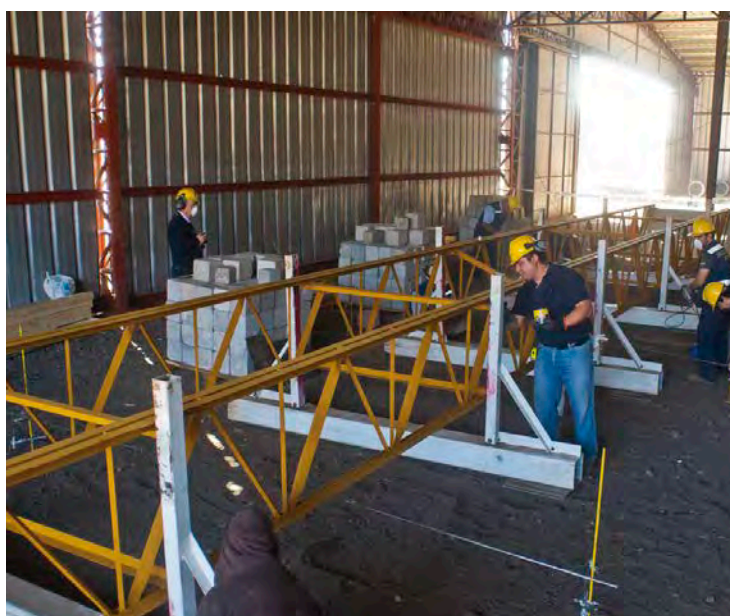


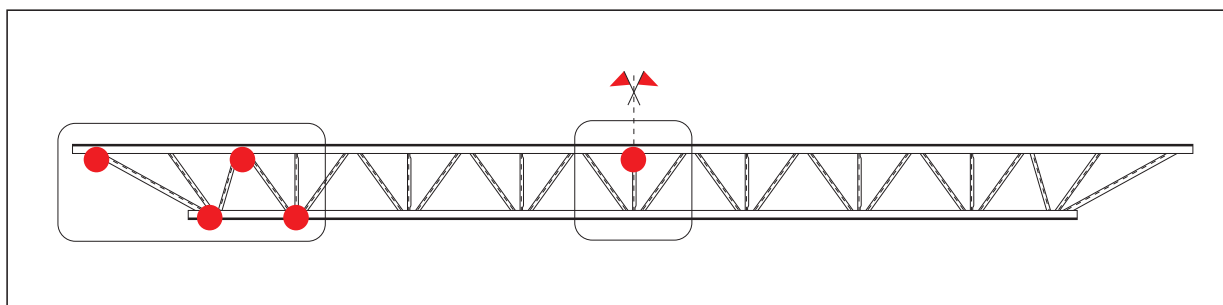
Tabla A.3.1

Estado de Carga Teóricos

Denominación <i>Joistec</i> [®]	Luz de Ensayo (cm)	Carga teórica para L/360 (kgf/m)	Carga teórica para L/240 (kgf/m)	Carga teórica de Colapso* (kgf/m)
50K3	1200	100	150	352,73
75K7	1800	107	160,5	364,25

(*) Carga determinada hasta la fluencia del acero, sin considerar factores de seguridad de diseño

Figura A.3.1

Zonas Críticas de una *Joistec*[®]

Antes de iniciar los ensayos se procedió a determinar la carga real de colapso, la cual se determinó teóricamente eliminando todos los factores de seguridad del diseño. Esta carga de diseño real obtenida se asume como carga teórica de colapso. Con este valor se diseña el procedimiento de carga para el ensayo. Este procedimiento se repitió para las *Joistec*[®] de 12 y 18 m (ver tabla A.3.1).

Dada la alta carga a aplicar sobre las *Joistec*[®], se diseñaron caballetes lo suficientemente resistentes para tomar el peso de las *Joistec*[®] y la carga aplicada. Además se diseñaron unos soportes que permitieran dar arriostramiento lateral a las *Joistec*[®], los cuales simulan la continuidad lateral del sistema.

Después del montaje de la probeta se instalaron y calibraron los transductores electrónicos, los cuales son los encargados de registrar las deformaciones de los puntos de interés. En este caso se definió que los puntos

Figura A.3.2

***Joistec*[®] cargada con cubos de hormigón**

a medir de las *Joistec*[®] fueran L/4 y L/2, además se instalaron transductores en los apoyos para verificar que no se produjeran asentamientos de estos.

Tabla A.3.2

Cargas de Colapso Teóricas v/s Reales

Denominación <i>Joistec</i> [®]	Luz de Ensayo (cm)	Carga Distribuida Teórica a Aplicar por cada <i>Joistec</i> [®] (CDT) (kgf/m)	Carga Distribuida Efectiva Aplicada por cada <i>Joistec</i> [®] (CDE)* (kgf/m)*	Diferencia Porcentual (CDE/CDT)* (%)
50K3	1200	366,47	457,07	24,7
75K7	1800	417,04	487,90	17,0

* Valores promedio

Posteriormente se armó la plataforma encargada de distribuir la carga hacia las *Joistec*[®] y así se comenzó con el proceso de carga.

Previo al ensayo se determinó que los puntos críticos a registrar se concentran en 2 zonas (ver figura A.3.2).

Se tuvo especial cuidado con las zonas de posible falla de la *Joistec*[®], es por ello que a medida que se aumentaba la carga, personal de DICTUC y AZA inspeccionaba estas zonas de la *Joistec*[®] buscando donde se estuviese iniciando la falla y así estar preparados al momento del colapso.

Análisis de los Resultados Obtenidos de los Ensayos

Las cargas de colapso aplicadas son del orden de 30% mayores a las esperadas teóricamente (ver tabla A.3.2).

- ▶ **En todos los casos la falla es muy dúctil, obteniéndose una deformación excesiva previa al colapso, del orden de L/75. No se observaron fallas de soldaduras de los elementos del alma ni en cuerdas que alteraran los ensayos.**
- ▶ **Las deformaciones reales obtenidas son menores a las esperadas teóricamente. No existe una tendencia clara, sin embargo en todos los casos se deformó al menos un 14% menor a lo esperado (ver tabla A.3.3).**

Conclusiones

La experiencia realizada permitió concluir:

- ▶ **Las *Joistec*[®] tienen un excelente comportamiento ante altos estados de carga.**
- ▶ **Las *Joistec*[®] son capaces de resistir cargas elevadas con respecto a la carga de diseño. El Factor de Seguridad al colapso es superior a 2.**
- ▶ **Las *Joistec*[®] presentan un excelente desempeño de las soldaduras, tanto en los elementos del alma como el empalme de las cuerdas.**
- ▶ **La deformación plástica en los ángulos producida por el crimpado no afecta a la resistencia del perfil.**
- ▶ **El sistema de puntales laterales es eficiente y no mostró indicios de falla en ninguna de las pruebas realizadas.**
- ▶ **Los resultados obtenidos de los ensayos concuerdan con los previstos por los cálculos teóricos del Sistema JOISTEC[®], y por tanto validan las consideraciones teóricas usadas en el desarrollo de este manual.**

Dos exhaustivos informes emitidos por el laboratorio que ensayó las probetas describen el procedimiento utilizado y los resultados obtenidos de este ensayo. Estos documentos se encuentran disponibles para consulta en el Departamento Técnico JOISTEC[®] de AZA.

Tabla A.3.3

Deformaciones Teóricas v/s Reales

Denominación <i>Joistec</i> [®]	Luz de Ensayo [cm]	Ciclo de Carga	Condición de Carga	Deformación Vertical Teórica en L/2 [mm]	Deformación Vertical Neta medida en L/2* [mm]	Diferencia entre Deformación Medida y Deformación Teórica [mm]	Diferencia Porcentual entre Deformación Medida y Deformación Teórica [%]
50K3	1200	Ciclo 1	L/360	33,33	27,08	-6,25	-18,9
		Ciclo 2	L/240	50,00	43,68	-6,32	-12,64
		Ciclo 3	Colapso	No Calculada	169,94	--	--
75K7	1800	Ciclo 1	L/360	50,00	42,75	-7,25	-14,5
		Ciclo 2	L/240	75,00	61,38	-13,62	-18,16
		Ciclo 3	Colapso	No Calculada	255,82	--	--

* Valor promedio

Reproducción de los Informes,
con la autorización de DICTUC

COPIA 1026132

INGENIERÍA DICTUC
División Ingeniería Estructural y Geotécnica
Área Ingeniería Estructural
Ensayos de Flexión Bajo Carga Uniforme Distribuida, Vigas Joistec
Modelo 75K7 Simplemente Apoyadas con 18m de Luz Libre. 07/2012. Rev. 1

INFORME N° 1026132

**ENSAYOS DE FLEXIÓN BAJO CARGA UNIFORME DISTRIBUIDA
VIGAS JOISTEC MODELO 75K7 SIMPLEMENTE APOYADAS CON 18M DE LUZ LIBRE**



Para:
GERDAU AZA S.A.

Preparado por:
DICTUC S.A.
Laboratorio de Ingeniería Estructural

La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica especificada acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido "certificados por DICTUC", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.

Santiago, Julio de 2012.


Página 1 de 48
DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile / Fono: (56-2) 354 4207- (56-2) 354 5761 / Fax: (56-2) 354 4243 / www.dictuc.cl

COPIA 1026131

INGENIERÍA DICTUC
División Ingeniería Estructural y Geotécnica
Área Ingeniería Estructural
Ensayos de Flexión Bajo Carga Uniforme Distribuida, Vigas Joistec
Modelo 50K3 Simplemente Apoyadas con 12m de Luz Libre. 07/2012. Rev. 1

INFORME N° 1026131

**ENSAYOS DE FLEXIÓN BAJO CARGA UNIFORME DISTRIBUIDA
VIGAS JOISTEC MODELO 50K3 SIMPLEMENTE APOYADAS CON 12M DE LUZ LIBRE**



Para:
GERDAU AZA S.A.

Preparado por:
DICTUC S.A.
Laboratorio de Ingeniería Estructural

La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica especificada acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido "certificados por DICTUC", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.

Santiago, Julio de 2012.

Página 1 de 48
DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile / Fono: (56-2) 354 4207- (56-2) 354 5761 / Fax: (56-2) 354 4243 / www.dictuc.cl



El informe N° 1026132 muestra los resultados de las **Joistec®** de 18 m.
El informe N° 1026131 muestra los resultados de las **Joistec®** de 12 m.

A.4

INFORME Variable Crítica Resistencia al Fuego del Sistema Constructivo JOISTEC® de AZA

Los elementos que inciden en la determinación de las condiciones de seguridad contra Incendio están efectivamente normadas por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y las Normas NCh allí mencionadas.

La OGUC regula el cumplimiento de las edificaciones y su resistencia al fuego, por elementos de la construcción. Especifica 6 elementos verticales compuestos por los Muros cortafuego, Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera, Muros caja ascensores, Muros divisorios entre unidades hasta la cubierta, Elementos soportantes verticales, y Muros no soportantes y tabiques, 1 elemento vertical y horizontal compuesto por Escaleras, y 2 elementos horizontales compuesto por Elementos soportantes horizontales y Techumbre incluido cielo falso.

Para su aplicación define 4 Tipos de edificios: a, b, c y d. Esta tipología considera el Destino del edificio, ya sea por la superficie edificada (contempla aquellos de usos residencial y de equipamientos en general), por la carga de ocupación (contempla aquellos de equipamientos que específicamente congregan ocupantes) o por la densidad de carga combustible (contempla aquellos de equipamientos y actividades productivas que generan bodegajes e impactos).

En la determinación de las exigencias detalla normas para estimar las alturas máximas por pisos, para aquellos edificios con usos mixtos establece que primará el estándar más exigente y la altura total del edificio, y otras relacionadas con los elementos de construcción. También agrega otras condiciones de seguridad específicas para las

edificaciones con muros cortina, para las edificaciones en altura con 5, 7, y 16 y más pisos. En el análisis que presenta el Manual frente a la resistencia al fuego todos estos aspectos están considerados. Efectivamente el Sistema Constructivo JOISTEC® como solución constructiva para edificaciones de usos de equipamiento y/o de bodegajes o depósitos resulta muy adecuada, ya que el edificio propiamente tal no aporta carga combustible o es muy baja incidiendo fuertemente en el comportamiento al fuego la carga combustible.

Para efectos del cumplimiento normativo cada proyecto queda sujeto a la evaluación conforme al diseño y la carga combustible, pudiendo acogerse a las condiciones de la protección activa (Estudios de Seguridad) y de la compartimentación de las superficies conforme a las condiciones establecidas en la OGUC Arts. 4.3.24. y 4.3.26.

Respecto de la clasificación de los elementos para determinar la resistencia queda abierta la interpretación del término "techumbre incluido cielo falso" para un sistema constructivo integrado por *Joistec*® y *Girder* en cual la estructura es un todo, siendo la *Girder* por tanto parte de la estructura de techumbre. Sin embargo en un sistema tradicional podría ser considerada como elemento soportante horizontal. Los casos citados difieren mucho en la exigencia de resistencia al fuego.

Arquitecta Ana María Merino
Revisora Independiente de Arquitectura

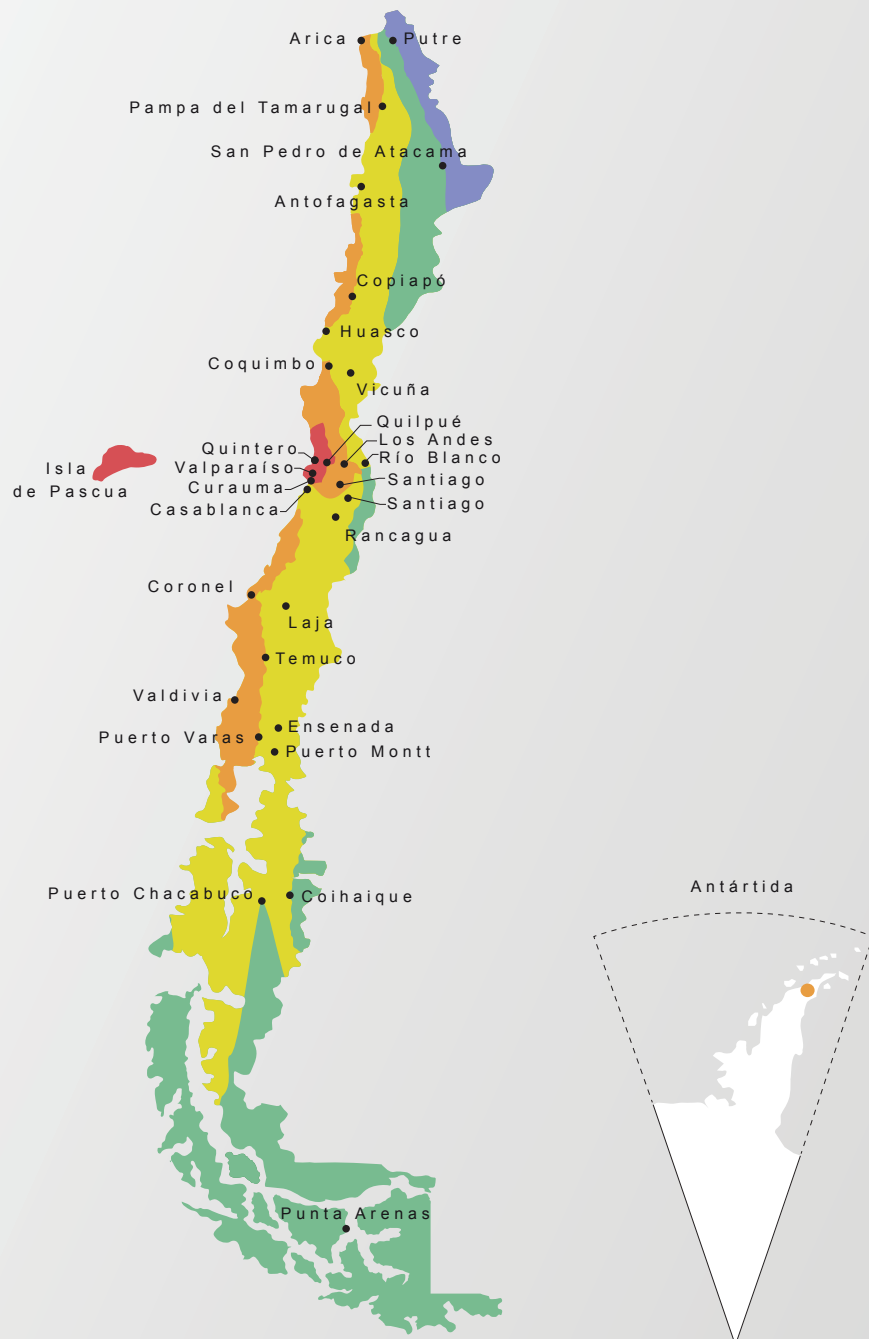
A.5

Extracto Mapa General de Corrosión Atmosférica en Chile*

1 Año

Agresividad Ambiental

C1	Muy Baja
C2	Baja
C3	Media
C4	Alta
C5	Muy Alta



* Mayor información en:
www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl

Fuente: Proyecto CORFO Innova 09CN14-5879 - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

3 Años



Cuadro

Localización de las Estaciones de Ensayo en Chile

Nº	Ciudades
1	Arica
2	Putre
3	Pampa Tamarugal
4	Quilpué
5	Antofagasta
6	San Pedro de Atacama
7	Copiapó
8	Huasco
9	Coquimbo
10	Vicuña
11	Antártida
12	Valparaíso
13	Quintero
14	Los Andes
15	Casablanca
16	Río Blanco
17	Santiago (Quilicura)
18	Santiago (San Joaquín)
19	Rancagua
20	Coronel
21	Laja
22	Temuco
23	Puerto Varas
24	Valdivia
25	Ensenada
26	Puerto Montt
27	Puerto Chacabuco
28	Coihaique
29	Punta Arenas
30	Isla de Pascua
31	Curauma

Gráfico A.5.1

Contaminante: Cloruro
Deposición de Cloruros

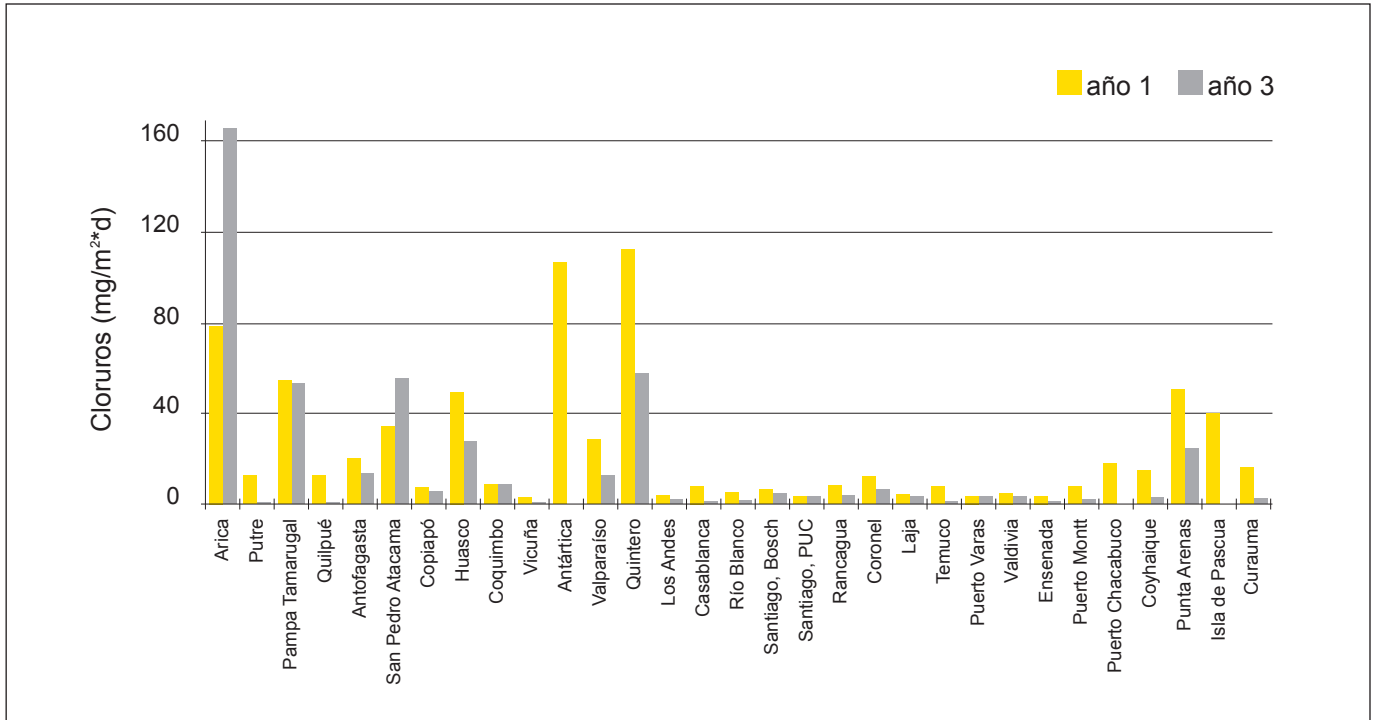
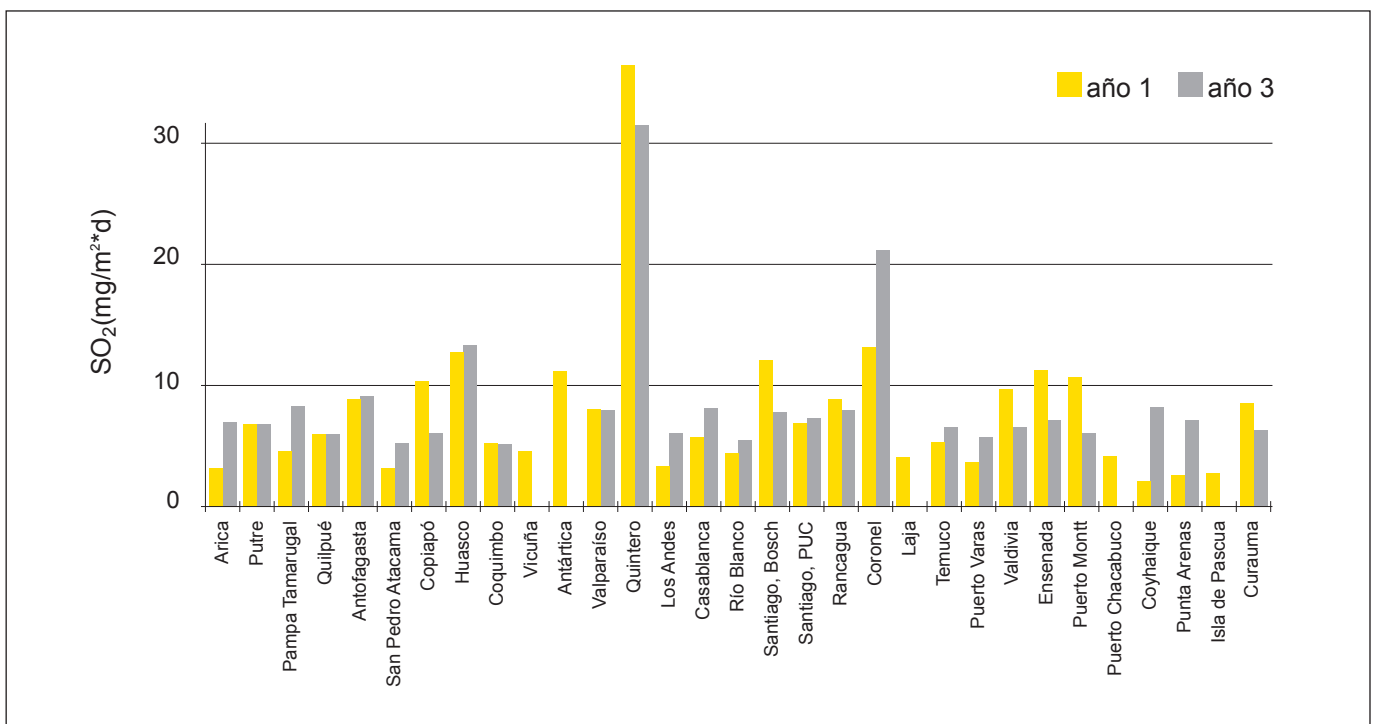


Gráfico A.5.2

Contaminante: SO₂
Deposición de Dióxido de Azufre



Fuente: Proyecto CORFO Innova 09CN14-5879 - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Gráfico A.5.3

Velocidad de corrosión
Acero al carbono ASTM A36

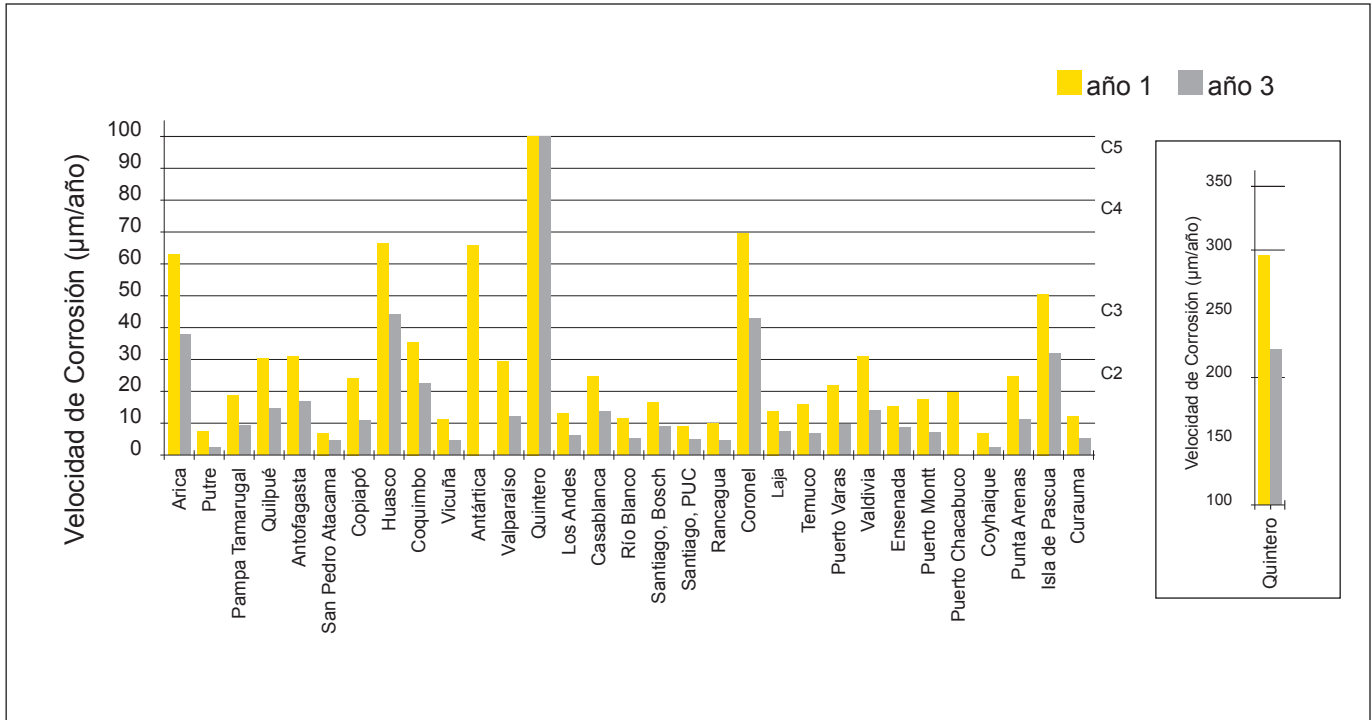
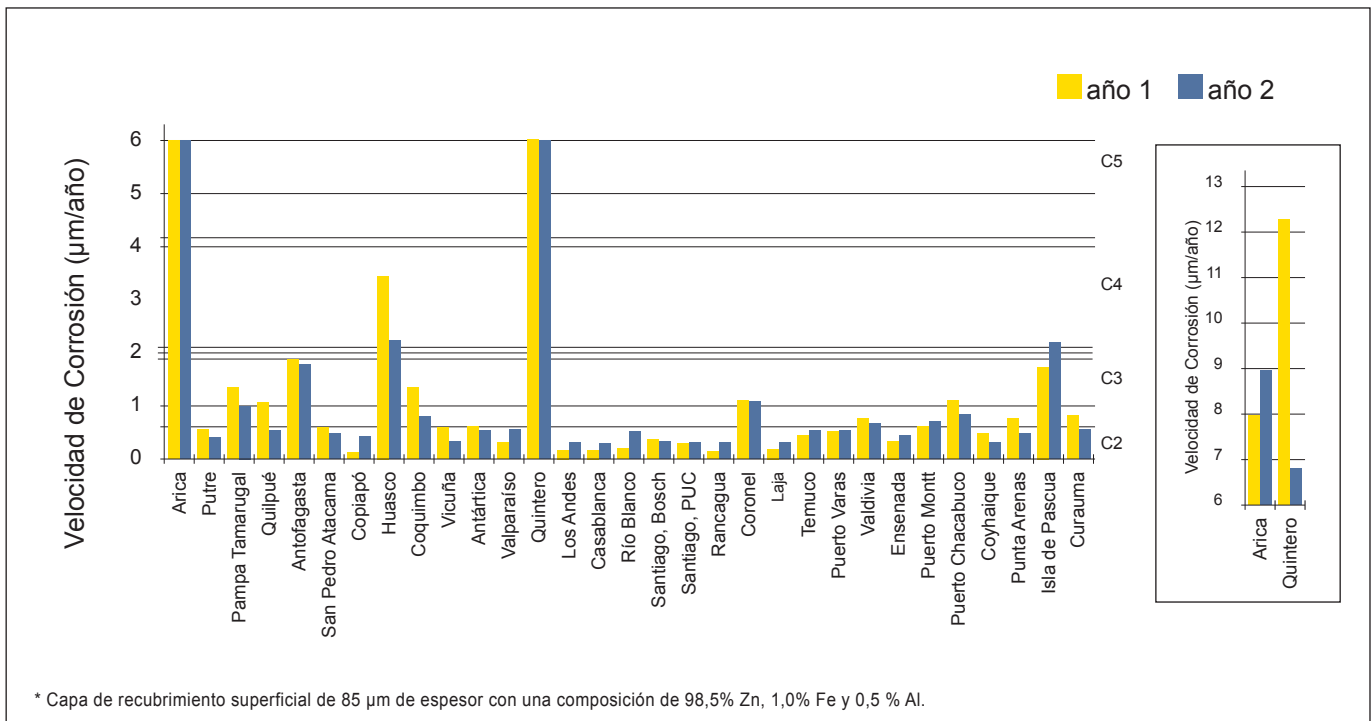


Gráfico A.5.4

Velocidad de corrosión
Acero Galvanizado*



* Capa de recubrimiento superficial de 85 µm de espesor con una composición de 98,5% Zn, 1,0% Fe y 0,5 % Al.

A.6

TABLA A.6

FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Unidad	Multiplicar		por	Para obtener	
Longitud Espesor	centímetro	cm	0,3937	pulgada	in
	decímetro	dm	0,3281	pie	ft
	kilómetro	km	0,6215	milla terrestre	mill t
	metro	m	1,0936	yarda	yd
	micra	µm	0,001	milímetro	mm
	milímetro	mm	0,001	metro	m
	pie	ft	12	pulgada	in
	pulgada	in	2,54	centímetro	cm
	milésima de pulgada	mils	0,0254	milímetro	mm
yarda	yd	36	pulgada	in	
Área Superficie	centímetro cuadrado	cm ²	0,155	pulgada cuadrada	in ²
	hectárea	há	0,0001	metro cuadrado	m ²
	metro cuadrado	m ²	10,76	pie cuadrado	ft ²
	milímetro cuadrado	mm ²	0,01	centímetro cuadrado	cm ²
	pie cuadrado	ft ²	0,0929	metro cuadrado	m ²
	pulgada cuadrada	in ²	6,452	centímetro cuadrado	cm ²
	yarda cuadrada	yd ²	9	pie cuadrado	ft ²
Volumen	centímetro cúbico	cm ³	0,06102	pulgada cúbica	in ³
	galón Británico	gl (b)	4,546	litro	lt
	litro	lt	0,2642	galón US	gl (a)
	metro cúbico	m ³	35,31	pie cúbico	ft ³
	milímetro cúbico	mm ³	0,001	centímetros cúbicos	cm ³
	pie cúbico	ft ³	0,02832	metro cúbico	m ³
	pulgada cúbica	in ³	16,39	centímetros cúbicos	cm ³

TABLA A.6 (Continuación)

**FACTORES DE CONVERSIÓN
DE UNIDADES**

Unidad	Multiplicar		por	Para obtener	
Masa (Peso)	milígramo	mg	0,001	gramo	g
	gramo	g	0,03527	onza (avoirdupois)	oz-av
	kilógramo	kg	2,205	libra (avoirdupois)	lb-av
	tonelada métrica	t	1.000	kilógramos	kg
	tonelada corta	tc	2.000	libra (avoirdupois)	lb-av
	onza (avoirdupois)	oz-av	28,35	gramo	g
	libra (avoirdupois)	lb-av	0,4536	kilógramo	kg
Masa/unidad de longitud	kilógramo/metro	kg/m	0,672	libra/pie	lb/ft
	kilógramo/metro	kg/m	0,056	libra/pulgada	lb/in
	libra/pie	lb/ft	1,488	kilógramo/metro	kg/m
	libra/pulgada	lb/in	17,86	kilógramo/metro	kg/m
Masa/unidad de volumen Densidad	gramo/centímetro cúbico	g/cm ³	0,03613	libra/pulgada cúbica	lb/in ³
	kilógramo/metro cúbico	kg/m ³	0,06243	libra/pie cúbico	lb/ft ³
	libra/pulgada cúbica	lb/in ³	27,68	gramo/centímetro cúbico	g/cm ³
	libra/pie cúbico	lb/ft ³	16,02	kilógramo/metro cúbico	kg/m ³
Fuerza	kilógramo-fuerza	kgf	9,807	newton	N
	kilógramo-fuerza	kgf	2,205	libra-fuerza	lbf
	newton	N	0,10197	kilógramo-fuerza	kgf
	libra-fuerza	lbf	0,4536	kilógramo-fuerza	kgf
Fuerza/unidad de área Presión Tensión	kilógramo/centímetro cuadrado	kg/cm ²	0,09807	mega pascal	MPa
	kilógramo/centímetro cuadrado	kg/cm ²	14,22	libra/pulgada cuadrada	psi
	mega pascal	Mpa	10,197	kilógramo/centímetro cuadrado	kg/cm ²
	libra/pulgada cuadrada	psi	0,0703	kilógramo/centímetro cuadrado	kg/cm ²
Energía Momento Flector Torque	kilógramo-fuerza x metro	kgf x m	9,807	newton x metro	N x m
	kilógramo-fuerza x metro	kgf x m	7,233	libra-fuerza x pie	lbf x ft
	newton x metro	N x m	0,102	kilógramo-fuerza x metro	kgf x m
	newton x metro	N x m	0,1383	kilógramo-fuerza x metro	kgf x m
Ángulo	grado	°	0,01745	radián	Rad
	radián	rad	57,3	grado	°
Temperatura	grado Celsius	°C	1,8x °C -32	grado Fahrenheit	°F
	grado Fahrenheit	°F	(°F-32)/1,8	grado Celsius	°C

A.7

Términos y Definiciones

A.7.1

Glosario Sistema Constructivo JOISTEC®

Los términos destacados **en negrita** y sus definiciones provienen del AISC y AISI STANDARD “Definiciones Estándar para Utilizarse en el Diseño de Estructuras de Acero,” Edición 2004, Primera Impresión – Abril 2005.

* Estos ítems usualmente están calificados por el efecto de tipo de carga, por ejemplo, resistencia nominal a tracción, resistencia a compresión disponible, resistencia de diseño a flexión.

† Las definiciones provistas para estos términos provienen de OSHA Steel Erection Standard Part §1926.757 — Steel Joist con Alma Abierta.

Accesorios: Componentes estructurales relacionados al diseño, fabricación y montaje de las *Joistec*® y *Girder*, incluyendo, pero no limitados a *Joistec*® inclinadas, *Joistec*® de puntas extendidas, extensiones de techo, Puntal y Puntal de anclaje, cabezales y arriostramiento lateral del cordón inferior para las *Girder*.

Almas: Los miembros diagonales o verticales unidos en los cordones superiores e inferiores de una *Joistec*® o una *Girder* para formar así patrones triangulares.

Anidación: El posicionamiento de los productos *Joistec*® para que cuando se los empaquete, las cuerdas de un miembro encajen perfectamente contra las cuerdas de un miembro adyacente en el paquete. Una vez que las amarras usadas para el empaque de los soportes se corte, los soportes de des-anidarán.

Apoyo de Extremos: La albañilería, hormigón estructural o acero estructural que soporte los extremos de las *Joistec*® sea capaz de aguantar cargas transmitidas desde los productos *Joistec*®.

ASD (Diseño por Tensiones Admisibles): Método de proporcionar componentes estructurales que permita que la fuerza admisible sea igual o exceda la fuerza requerida del componente, bajo acción de la combinación de cargas de ASD (N de T: Sin factores de mayoración de carga).

ASD Combinación de Carga: Combinación de carga en el Código Aplicable de Construcción indicado para el Diseño por Tensiones Admisibles.

Cabezal: Un miembro estructural situado entre dos *Joistec*® o entre una *Joistec*® y un muro que recibe otra *Joistec*® o más de una. Usualmente está materializado de ángulos laminados, canales o vigas con conexión ángulo de silla en cada extremo de terminal de apoyo.

Cable de Izaje: Una cadena, correa o cable que se adjunta a cada extremo para facilitar el transporte y elevación de *Joistec*®, puntales, cubiertas, etc.

Cantiléver (Voladizo): La porción de un producto *Joistec*® que se extiende más allá del soporte estructural. Un arriostramiento lateral debe ser proporcionado al final del cantiléver para asegurar su estabilidad durante el montaje y bajo carga.

Carga: Fuerzas u otras acciones que resultan del peso de los materiales de construcción, el peso de los ocupantes y sus posiciones, efectos medioambientales, movimiento diferencial o cambios dimensionales restringidos por confinamiento.

Carga Colateral: Toda carga muerta adicional que no sea carga del edificio, tal como aspersores, tuberías, techos y componentes mecánicos o eléctricos.

Carga de Construcción† (únicamente para montaje de *Joistec*®): Cualquier carga que no sea el peso del empleado(s), *Joistec*® y paquete de puntales (ver también Regulaciones OSHA 1926.757(d)(1), (d)(2) y (d)(3)).

Carga de Diseño: Carga aplicada determinada de acuerdo a combinaciones de cargas, ya sea LRFD o ASD, la que se aplique.

Carga de Servicio: Carga bajo cual se evalúan los estados límite de serviciabilidad.

Carga Nominal: Magnitud de la carga especificada por el Código de Construcción Aplicable.

Carga Permanente: Carga en que las variaciones a través del tiempo son poco usuales o de pequeña magnitud. Toda otra carga se considera carga variable.

Carga Variable: Carga que no ha sido clasificada como carga permanente.

Cargas Gravitacionales: Cargas producidas por cargas vivas o peso propio, que actúan hacia abajo.

Clip de Apuntalamiento†: Dispositivo que se adjunta a una *Joistec*® para permitir la conexión con pernos del puntal a la *Joistec*®.

Código de Construcción Aplicable: Código de Construcción bajo el que se diseña la estructura.

Combinación de Carga LRFD: Combinación de carga en el código de construcción aplicable hecho para obtener la fuerza de diseño (Diseño por Factores de Carga y Resistencia).

Comprador: La persona natural o entidad que ha acordado comprar material del fabricante y que también ha acordado a los términos de venta.

Conexión: Combinación de elementos estructurales y uniones utilizadas para transmitir fuerzas entre dos o más miembros. (Ver también Empalmes).

Constructibilidad: La capacidad de montar miembros estructurales de acero de acuerdo a Subparte R de la OSHA, sin tener que alterar el diseño general de la estructura.

Contraflecha: Una curvatura ascendente de las cuerdas de una *Joistec*® o *Girder* inducida durante la fabricación. Nota: Este es un aditamento a la pendiente de la cuerda superior. La contraflecha se usa para absorber la deformación por peso propio.

Control de Calidad: Sistema de control implementado en taller o terreno por el proveedor y montajista para asegurar que los requerimientos de contrato y compañía, fabricación y el montaje se cumplen.

Costanera: Miembro estructural horizontal que apoya la cubierta de techo y está sujeto principalmente a flexión bajo cargas verticales como cargas muertas, nieve o viento.

Cuerda: Los miembros superiores e inferiores de una *Joistec*® o *Girder*. Cuando una cuerda se constituye de dos ángulos laminados usualmente, existe un espacio entre estos miembros.

Deck: Cubierta de piso o techo hecha de metal galvanizado, pintado o no pintado, soldado o unido mecánicamente a las *Joistec*®, *Girder*, vigas, costaneras u otros miembros estructurales.

Diafragma: Techo, piso u otra membrana o sistema de arriostramiento que transfiere fuerzas hacia el sistema resistente de fuerza lateral.

Diagonal Terminal del Alma: El primer miembro del alma en cualquier extremo de la *Joistec*® o *Girder* que empiece en la cuerda superior en la silla de anclaje o asiento y termine en el primer punto de la cuerda inferior de la *Joistec*®.

Dueño o Propietario: Persona natural o entidad identificada como tal en los Documentos Contractuales.

Efecto de Carga: Fuerzas, tensiones y deformaciones producidas en un componente estructural por las cargas aplicadas.

Elementos del Alma: Los miembros verticales y diagonales que se juntan en la cuerda superior e inferior de una *Joistec*® o una *Girder*, que forman patrones triangulares estructuralmente estables.

Empalme: Conexión entre dos miembros estructurales unidos en sus extremos, por ya sea con pernos o soldadura, para formar un miembro único, más largo.

Encofrado: El material que se coloca sobre las *Joistec*® utilizado para losas colaborantes y que pueden ser de láminas de metal acanalado, láminas de acero corrugado, malla electrosoldada de respaldo, moldaje removible o cualquier otro material apropiado, capaz de soportar la losa en el espacio designado de apoyo. El encofrado no deberá desplazar lateralmente la cuerda superior de apoyos durante su remoción o vertido del hormigón.

Equipamiento de Izaje: Equipo comercialmente fabricado y diseñado para izar y posicionar cargas de tamaño conocido hacia una ubicación, en una altura y distancia horizontal conocida desde el centro de rotación del equipo. Este equipamiento incluye, pero no se limita a, grúas, torres de perforación, torres de grúa, pescantes y sistemas de puentes grúas.

Esfuerzo de Fluencia Esperado: La tensión de fluencia de un material es igual a la mínima tensión de fluencia especificada F_y , multiplicada por R_y .

Esfuerzo de Fluencia: Término genérico para denotar ya sea el punto de fluencia o la resistencia a la fluencia, el que sea más adecuado para el comportamiento del material.

Eslinga: Un alambre o cable metálico o de material sintético que se utiliza para unir una carga al equipo de grúa.

Especificaciones Estándares: Documentos desarrollados y mantenidos por el SJI para el diseño y manufactura de las Steel Joist y *Girder* de alma abierta. El término "Especificaciones Estándar SJI" abarca las siguientes referencias:

- ANSI/SJI-CJ1.0 Especificaciones estándares para Steel Joist, compuesto Serie-CJ.
- ANSI/SJI-JG-1.1 Especificaciones estándar para *Girder*.
- ANSI/SJI-K1.1 Especificaciones estándar para Steel Joist de alma abierta de la Serie-K y;
- ANSI/SJI-LH/DLH-1.1 Especificaciones estándar para Steel Joist de grandes luces, de la Serie-LH y para Steel Joist de grandes luces y alturas de la Serie-DLH.

Estabilidad: Condición alcanzada en la carga de un componente estructural, marco o estructura en el que una pequeña alteración en las cargas o geometría no produce desplazamientos importantes.

Estado Límite: Condición en la cual una estructura o componente se vuelve no apto para el servicio y se determina que ya no puede ser utilizada para su función (estado límite de servicio) o que ha alcanzado su capacidad de carga (estado límite de resistencia).

Estado Límite de Resistencia: Condición limitante que afecta la seguridad de una estructura, en la cual se alcanza la capacidad de carga.

Estado Límite de Serviciabilidad: Condiciones límites que están afectando la habilidad de una estructura para preservar su apariencia, la capacidad de ser mantenida, la durabilidad, o el confort de sus ocupantes, el funcionamiento de maquinarias, bajo condiciones de uso normales.

Estado Límite de Servicio: Condición límite que afecta la capacidad de una estructura a preservar su apariencia, mantenimiento, durabilidad o la comodidad de sus ocupantes, o función de maquinaria bajo uso normal.

Extensión de Cielo: Una extensión de la cuerda inferior, excepto que únicamente un ángulo de la cuerda inferior de la *Joistec*® se extiende desde el primer panel de la cuerda inferior hacia el final de la *Joistec*®.

Extensión de la Cuerda Inferior (BCX): Extensión de dos ángulos de la cuerda inferior de la *Joistec*®, desde el primer panel de la cuerda inferior hacia la punta de la *Joistec*®. Se usa principalmente para *Joistec*® donde controla el diseño por succión.

Extensión de la Cuerda Superior (TCX): La parte extendida de la cuerda superior de una *Joistec*®. Este tipo de extensión únicamente tiene los dos ángulos de la cuerda superior extendidos por sobre el asiento de la *Joistec*®.

Extremo de Anclaje: Unión apropiada de los extremos de una *Joistec*® con la albañilería, hormigón armado o acero estructural.

Extremo Diagonal o del Alma: El primer miembro del alma en cualquier extremo de la *Joistec*® o *Girder* que empiece al final de la cuerda superior y termine en el primer punto del panel de la cuerda inferior. Para una *Joistec*® colgante, el extremo diagonal empieza en el asiento.

Extremo Etiquetado: El extremo de una *Joistec*® o *Girder* donde se encuentra la etiqueta de identificación. El miembro deberá ser montado con este extremo etiquetado siempre en la misma posición que se especifica en el plano de instalación.

Extremo Extendido: La parte de la cuerda superior de una *Joistec*® que es extendida con los ángulos de asiento, los cuales se extienden desde el extremo de la *Joistec*® extendida hacia el interior de la *Joistec*® y mantiene la altura de apoyo estándar sobre todo el largo de la extensión.

Factor de Carga: Factor al que se le atribuye las desviaciones de la carga nominal contra la carga actual, por incertidumbre en el análisis que transforman la carga a un efecto de carga y para la probabilidad que más de una carga extrema ocurra simultáneamente.

Factor de Resistencia, Φ : Factor que cuenta para desviaciones de la resistencia actual con respecto a la resistencia nominal, desviaciones de la carga actual con respecto a la carga nominal, incertidumbre en el análisis que transforma la carga en una carga efectiva y la manera y consecuencias de la falla (N de T: Usado para el diseño LRFD).

Factor de Seguridad, Ω : Factor que cuenta para desviaciones de la resistencia actual con respecto a la resistencia nominal, desviaciones de la carga actual con respecto a la carga nominal, incertidumbres en el análisis que transforma la carga en una carga efectiva y la manera y consecuencias de la falla (N de T: Usado para el diseño ASD).

Fuerza de Diseño*: Factor de resistencia multiplicado por la fuerza nominal, $\Phi \cdot R_n$.

Fuerza de Pandeo: Fuerza nominal para pandeo o estado límite de inestabilidad.

Garantía de Calidad: Sistema de actividades o controles implementados de taller o terreno por el dueño o su representante para asegurar al dueño y otras autoridades de la construcción que se implementaron los requerimientos de calidad.

Girder: Miembro estructural principal que resiste cargas con un sistema de alma abierta diseñado como apoyo simple, normalmente soportando cargas concentradas igualmente separadas de un sistema de piso o techo, actuando en los puntos donde se ubican los montantes del elemento y utilizando acero laminado en caliente.

Inestabilidad: Estado límite que se alcanza durante el proceso de carga de algún componente estructural, marco o estructura, en el que cualquier perturbación en las cargas o geometría produce desplazamientos severos.

Ingeniero Estructural (Profesional Especificador): El profesional licenciado quien es responsable de sellar el Contrato de Construcción, que indica que él o ella ha desarrollado o supervisado el análisis, diseño y ha preparado la documentación para la estructura, y tiene conocimiento del sistema estructural de cargas.

Inspector Técnico (ITO): Entidad o persona independiente contratada para verificar que el montaje de una estructura está

de acuerdo a las especificaciones de los Planos de Montaje en Terreno, incluyendo los planos de instalación de las *Joistec*® y los planos de instalación de cubierta.

Joistec®: Miembro estructural que resiste cargas con un sistema de alma abierta que soporta pisos y techos, utilizando acero laminado en caliente y está diseñado como un miembro de apoyo simple.

Joistec® de Amarre: Aquella que está conectada con pernos en o cerca a una columna. Cuando la *Joistec*® está conectada con pernos a una columna, se puede referir a esta como una *Joistec*® de columna.

Joistec® Sustituta: Miembro estructural fabricado para vanos muy cortos (3 metros o menos) donde la *Joistec*® de acero con alma abierta resulta poco práctica. Usualmente se los usa para vanos cortos en compartimentos desiguales, sobre corredores o para estabilizadores. Puede ser fabricado de dos o cuatro ángulos laminados para formar secciones canalizadas o secciones de caja.

Longitud de Apoyo: Distancia que la silla de anclaje o el asiento de una *Joistec*® y *Girder* se extiende por sobre la albañilería, soporte de hormigón o acero.

Longitud no Arriostrada: Distancia entre puntos de arriostramiento de un miembro, medida entre los centros de gravedad de los miembros arriostrantes.

LRFD: (Diseño por Factores de Carga y Resistencia):

Método para diseñar componentes estructurales tal que la resistencia de diseño iguala o excede la resistencia requerida del componente bajo la acción de una combinación de cargas definidas en el mismo LRFD. (N del T: Las combinaciones de carga consideran factores de mayoración para los distintos estados de carga)

Luz Libre: La distancia libre o apertura entre apoyos de una *Joistec*®, es decir, la distancia entre muros o la distancia entre bordes o alas de las vigas.

Material: Joistec®, Girder y accesorios proporcionados por el proveedor.

Montajista: La persona natural o entidad responsable del montaje seguro y apropiado de materiales, de acuerdo a los códigos y reglamentos aplicables.

OSHA (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional):

Agencia gubernamental dedicada a salvar vidas, prevenir lesiones y proteger la salud de los empleados.

Pandeo: Estado límite de algún cambio repentino en la geometría de una estructura o cualquiera de sus elementos bajo una condición de carga crítica.

Pandeo Lateral: Modo de pandeo de un miembro en flexión involucrando desvío normal al plano de flexión.

Pandeo Lateral-Torsional: Modo de pandeo de un miembro en flexión incluyendo deflexión normal al plano de flexión, simultáneamente con una torsión en el centro de corte de la sección transversal.

Pandeo Local:** Estado límite de pandeo de un elemento en compresión dentro de una sección transversal.

Pandeo por Flexión: Modo de pandeo en el que un miembro en compresión se desvía lateralmente sin torcerse o cambiar su forma transversal.

Pandeo por Flexo-Torsión: Modo de pandeo en el que un miembro en compresión se dobla y tuerce simultáneamente sin cambiar su forma transversal.

Pandeo Torsional: Modo de pandeo en el que un miembro de compresión se tuerce en su propio eje.

Paquete: La agrupación de *Joistec*[®], *Girder*, puntales y cubiertas a ciertos tamaños, pesos, largos, etc., para un transporte, descarga, almacenamiento y montaje expedito en terreno.

Persona Calificada: Persona que posee un título, certificado o posición profesional, o que por su extenso conocimiento, entrenamiento y experiencia, ha demostrado exitosamente su habilidad de resolver problemas relacionados al tema, trabajo o el proyecto.

Persona Competente†: Individuo capaz de identificar peligros existentes y predecibles en sus alrededores o condiciones de trabajo que sean insalubres o peligrosas para los empleados y que tiene autorización de tomar medidas correctivas para eliminarlas.

Pieza de Relleno: Un trozo corto de barra redonda, pletina o ángulo soldado entre dos ángulos de los miembros de una cuerda superior o inferior, o los dos ángulos de un miembro del alma que se sueldan juntos, usualmente localizados en el punto medio del miembro entre placas de conexión.

Placa de Soporte: La placa de acero utilizada para una *Joistec*[®] o *Girder* para apoyarse cuando está soportada por albañilerías o soportes de hormigón o acero. La placa está diseñada por un ingeniero estructural para soportar la reacción de la *Joistec*[®] o *Girder* hacia la estructura de apoyo.

Placa Estabilizadora: Placa de acero vertical en una columna, encajada entre los ángulos de la cuerda inferior de una *Joistec*[®] o *Girder* (ver Reglamento OSHA 1926.757(a) (1)). Una placa estabilizadora también puede ser proporcionada cuando la estructura de soporte esta en un muro.

Plan de Montaje en Terreno: OSHA ha definido el Plan de Montaje en Terreno en §1926.752(e) como uno que deberá ser desarrollado por una persona calificada y estar disponible en obra. Este plan es uno donde los trabajadores eligen, según condiciones específicas de terreno, desarrollar métodos alternos que proporcionan protección al trabajador según OSHA §1926.753(c)(5), §1926.757(a)(4) o §1926.757(e)(4).

Planos de Instalación de Joistec[®]: Planos preparados que muestran la interpretación de los requerimientos de los documentos de construcción para el material que debe ser suministrado por el proveedor. Estos planos de piso y/o techumbre están aprobados por el profesional especificador y el comprador o dueño para estar en cumplimiento de los requerimientos de diseño. El proveedor utiliza la información contenida en estos planos para el diseño final de material. Una marca numeral única se muestra comúnmente para la instalación individual de las *Joistec*[®], *Girder* y sus accesorios, junto a secciones que describen las condiciones de apoyos y empalme mínimo requerido para que el material sea instalado en terreno en la ubicación correcta.

Planos Estructurales: Las porciones gráficas o pictóricas de los Documentos de Construcción que muestran el diseño (tamaño o tipo de elementos estructurales), ubicación, y dimensiones de trabajo. Estos documentos, generalmente, incluyen plantas, elevaciones, secciones, detalles, conexiones, todas las cargas, programaciones, diagramas y notas.

Profesional Competente: El arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor o constructor civil, a quienes, dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, les corresponde efectuar las tareas u obras a que se refiere la Ley y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

Profesional Especificador: Profesional con licencia quién es responsable de sellar el Documento de Contrato de Construcción, el cual indica que él o ella ha ejecutado o supervisado el análisis, diseño y preparación de documentos para la estructura y tiene el conocimiento de sistema estructural soportante de cargas

Puntal†: En general, un miembro conectado a una *Joistec*[®] para arriostarlo ante movimientos laterales (ver también puntal diagonal y puntal horizontal).

Puntal de Anclaje†: La manera en que se une el puntal de la *Joistec*[®] al terminal de apuntalamiento.

Puntal Horizontal: Un ángulo laminado continuo u otra forma de acero, conectado a la cuerda inferior y superior de la *Joistec*[®].

Puntales de Montaje†: El apuntalamiento diagonal conectado con pernos que requiere ser instalado antes de soltar los cables de izaje de las *Joistec*[®].

Puntales Diagonales: Dos ángulos laminados, u otro tipo de perfil, conectados desde la cuerda superior de una *Joistec*[®] hacia la cuerda inferior de la próxima *Joistec*[®], o anclaje para formar una "X". Estos miembros casi siempre están conectados en su punto de intersección.

Punto de Fluencia: Primer nivel de esfuerzo en un material en el cual ocurre un incremento en deformación sin un incremento en esfuerzo como está definido en el ASTM.

Punto Terminal de Apuntalamiento: Un muro, *Joistec*[®], *Joistec*Tándem (con todos los puntales instalados y un entramado horizontal en el plano del cordón superior) u otro elemento en algún punto final o intermedio de una línea de puntales, que proporciona un punto de anclaje para el puntal de la *Joistec*[®].

Relleno: Material colocado entre cuerdas y/o almas en intervalos, para asegurar que la sección transversal sirva como un miembro construido (también espaciador o listón si se coloca en el exterior de los cordones o alma). El material puede ser un trozo pequeño de ángulo, barra redonda u otro tipo de forma de acero.

Resistencia Admisibles*: Resistencia nominal dividida por el factor de seguridad, R_n/Ω

Resistencia a la Fluencia: Esfuerzo al cual un material exhibe una desviación límite especificada de la proporcionalidad de la curva Esfuerzo-Deformación, como está definido en el ASTM

Resistencia a la Fluencia Esperada: Resistencia a la fluencia de un miembro sometido a tracción que es igual a la tensión de fluencia esperada multiplicado por A_g .

Resistencia a la Fluencia Mínima Especificada: Límite de resistencia a la fluencia más bajo especificado para un material como se define en el ASTM.

Resistencia a la Tracción Esperada: Resistencia a la tracción de un miembro que es igual a la resistencia a la tracción mínima especificada F_u , multiplicada por R_t .

Resistencia de Diseño*: Factor de resistencia multiplicado por la resistencia nominal, $\Phi \cdot R_n$.

Resistencia Disponible*: Resistencia de diseño o resistencia admisible, cual sea la apropiada

Resistencia Nominal*: Capacidad de una estructura o componente (sin el factor de resistencia o factor de seguridad aplicado) para resistir los efectos de carga, tal como se determina de acuerdo a las Especificaciones Estándar SJI.

Resistencia Requerida*: Fuerzas, esfuerzos y deformaciones producidos en un componente estructural determinado, ya sea por análisis estructural, por combinaciones de carga del LRFD o ASD, cual sea el apropiado, o como sea especificado por las Especificaciones Estándar.

Sistema Anti Caídas Personales: Sistema utilizado para detener la caída de un empleado a nivel de trabajo. Este sistema consiste de anclaje, conectores, un arnés y puede incluir un acollador, dispositivo de desaceleración, cuerda de vida o una combinación apropiada de estas. El uso de un cinturón de seguridad para caídas está prohibido.

Sistema de Protección Anticaídas†: Sistema de protección que previene una caída del usuario. El sistema está compuesto de un cinturón de seguridad o arnés de cuerpo, junto con un anclaje, conectores y otros equipos necesarios. Los otros componentes normalmente incluyen un acollador y también pueden incluir una cuerda de vida y otros dispositivos.

Soldadura de Extremos: Soldaduras a los extremos de un miembro existente o a un miembro de refuerzo.

Soporte: La distancia que el patín de apoyo o el asiento de una Joistec® y Girder se extiende por sobre la albañilería, soporte de hormigón o acero.

Tablas para Clavar: Tiras de madera adjuntas a la cuerda superior de una Joistec® para que la madera contrachapada u otro piso pueda ser clavada directamente al soporte.

Tensión de Fluencia: La tensión de fluencia o límite de elasticidad de un material se define como el esfuerzo en el cual un material comienza a deformarse plásticamente. Antes de la fluencia del material éste se deforma elásticamente y volverá a su forma original cuando la tensión aplicada es retirada. Una vez que el límite de elasticidad se pasa una fracción de la deformación será permanente y no reversible.

Tensión de Fluencia Mínima Especificada: Límite menor de la tensión de fluencia especificada para un material como se define en ASTM.

Unión: Área donde dos o más extremos, superficies o bordes se unen. Categorizada por tipo de fijación o soldadura utilizado y el método de transferencia de fuerza.

Vano: Distancia de eje a eje entre soportes de acero estructural como Joistec®, columnas o Girder, o la luz libre más cuatro pulgadas sobre una albañilería o muro de hormigón.

Vendedor: Compañía o persona natural dedicada a la fabricación y distribución de Joistec®, Girder y accesorios.

Yugo para Izaje: Miembro estructural de acero especialmente diseñado adjunto al equipo de izaje, que puede ser utilizado para levantar Joistec®, Girder, puntales o paquetes de cubierta en dos extremos.

A.7.2

Glosario de la Corrosión

Acuoso: Medio que contiene agua, en que ésta actúa como electrolito o conductor iónico de la corriente.

Agente Agresivo: Componente del medio al que le es atribuible la acción corrosiva sobre el metal.

Agua Salobre: Agua con un moderado contenido de sales disueltas, inferior al agua de mar.

Aireación Diferencial: Diferente concentración de oxígeno en zonas distintas de un mismo material, que puede ocasionar corrosión localizada del metal.

Ánodo de Sacrificio: Metal activo empleado como ánodo en sistemas de protección catódica.

Ánodo: Zona del metal donde tiene lugar la reacción de oxidación o lugar donde se produce la corrosión del metal (zona activa).

Caída Ohmica: Diferencia de potencial entre dos puntos de una resistencia por la que pasa una corriente.

Capa Pasivante: Película, de espesor de unas decenas de angstroms, de óxidos, oxígeno absorbido, o muchas veces de naturaleza desconocida, que al formarse sobre el metal reducen la velocidad de corrosión.

Cátodo: Zona del metal donde tiene lugar la reacción de reducción (zona pasiva).

Corriente de Polarización: corriente que induce a un cambio de potencial del electrodo.

Corriente Impresa: Corriente continua suministrada por una fuente externa al sistema electroquímico, que sirve para la protección catódica de una instalación.

Corrosión: Interacción destructiva de un metal/aleación, por reacción química o electroquímica con el medio ambiente que lo rodea.

Corrosión Atmosférica: Corrosión de un metal/aleación por especies químicas presentes en la atmósfera, generalmente al aire libre.

Corrosión Galvánica: Corrosión del metal/aleación debida al contacto eléctrico con otro material de actividad diferente, y expuestos en el mismo medio.

Corrosión por Corrientes Vagabundas: Corrosión debida a corrientes erráticas que se escapan de instalaciones eléctricas, penetran en el metal y lo corroen en el punto de salida hacia el medio que lo rodea.

Corrosión por Picadura: Ataque corrosivo muy localizado que produce una penetración apreciable en el metal.

Corrosión Uniforme: Corrosión uniformemente distribuida sobre la superficie del metal, que se desarrolla a una velocidad similar en todos los puntos de dicha superficie.

Corrosividad: Agresividad o potencial corrosivo de un medio.

Densidad de Corriente: Intensidad de corriente por unidad de superficie del electrodo.

Durabilidad: Término referido a una estructura que indica la vida en servicio, remanente de la misma.

Electrodo: Metal en contacto con un medio electrolítico.

Electrolito: Medio que conduce la corriente a través de la movilidad de los iones contenidos en él.

Factor de Picadura: Relación entre la penetración de la picadura más profunda y la penetración media calculada a partir de la pérdida de peso o masa lineal del material.

Fragilización por Hidrógeno: Pérdida de ductilidad causada por la entrada de hidrógeno en el acero.

Herrumbre: Producto de corrosión del hierro y aleaciones de base hierro, de color pardo rojizo o rojizo, compuesto principalmente por óxido férrico.

Hidrófobo: Radical químico OH⁻, de naturaleza básica.

Humedad Crítica: Valor de la humedad relativa por encima de la cual se hace patente la corrosión atmosférica del metal/aleación la cual, por encima de este umbral, aumenta de manera acentuada con el grado de humedad.

Humedad Relativa (HR): Relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera a una temperatura dada y la cantidad requerida para la saturación a la temperatura indicada.

Inhibidor de Corrosión: Sustancia o mezclas de sustancias que adicionadas en concentraciones mínimas en el medio, son capaces de reducir de manera eficaz la velocidad de corrosión del metal/aleación.

Inmunidad: Estado en el que se elimina la corrosión, por imposición a la superficie metálica de potenciales más negativos que el potencial de equilibrio de la semireacción anódica de oxidación.

Masividad o Factor de Forma del Perfil: Relación entre el perímetro expuesto del perfil y el área de la sección de dicho perfil.

Medio Ambiente: entorno o condiciones físicas y químicas de un material o sistema.

Medio Industrial: Entorno en el cual existe alta contaminación con SO₂, material en forma de partículas y otros contaminantes.

Medio Marino: Entorno en el cual los principales factores corrosivos son las partículas de NaCl que el viento dispersa.

Medio Rural: Entorno que casi no posee contaminantes químicos fuertes, pero puede contener polvos orgánicos e inorgánicos, siendo sus constituyentes principales la humedad y gases como CO₂ y O₂.

Medio Urbano: Entorno que se caracteriza por la presencia de SO₂, polvo, gran cantidad de CO₂, hollín y otros contaminantes.

Metal Activo: Se refiere a la dirección negativa del potencial del electrodo o metal que se está corroyendo o tiene tendencia a corroerse.

Metal Noble: Metal que normalmente se encuentra en la naturaleza en su forma elemental, también se denominan así a

aquellos metales o aleaciones que presentan muy baja tendencia a reaccionar en un medio específico.

Oxidación: Pérdida de electrones de un metal/aleación en una reacción. En un sistema electroquímico tienen lugar en el ánodo.

Pasivación: Reducción de la velocidad de oxidación de un metal, por la formación de productos de reacción sobre su superficie.

Pasivante: Agente que produce la pasivación y que hace variar el potencial del metal hacia valores más positivos o nobles.

Percolación: Acción de hacer pasar un fluido a través de un material.

PH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución. En estricto rigor, es el logaritmo negativo de la concentración iónica de hidrógeno en la solución; $ph = -\log C_H$, en donde el valor 7 de ph corresponde a una solución neutra, los valores inferiores a medios ácidos y los superiores a alcalinos.

Pila de Concentración: Pila de corrosión cuya diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo se debe a diferencias en la concentración de uno o más constituyentes electroquímicamente reactivos, como el oxígeno disuelto en el electrolito.

Polarización: Variación del valor del potencial de un electrodo debido al paso de corriente a consecuencia de efectos tales como la transferencia de carga, transporte, reacción química, etc. El potencial de un ánodo se desplaza hacia valores más positivos y el de un cátodo hacia valores más negativos o activos. Si esta variación es muy pequeña se dice que el electrodo no es polarizable.

Potencial de Corrosión: Es el potencial de un metal que se corroe en un medio dado, sin flujo de corriente externa.

Potencial de Equilibrio: Potencial de un electrodo en una disolución en estado de equilibrio.

Potencial del Electrodo: Diferencia de potencial de un metal, medida con relación a un electrodo de referencia, sin caída ohmica.

Protección Catódica: Reducción o eliminación del fenómeno de corrosión de una superficie metálica, por medio de una polarización que desplace su potencial hasta valores menos oxidantes, mediante el uso de ánodos de sacrificio o de corriente impresa.

Protección por Sacrificio: Disminución de la corrosión de un metal por acoplamiento con otro metal más anódico.

Recubrimiento: Espesor de la capa de pintura, zinc, hormigón u otro producto que protege al acero contra la corrosión o el fuego

Repasivación: Fenómeno constante de la recuperación al estado pasivo, en toda la superficie de un metal que lo había perdido localmente al corroerse por picaduras.

Sales de Deshielo: sales usadas con el propósito de bajar el punto de congelación del hielo.

Semipila: Sistema formado por un metal en contacto con un electrolito. Entre el metal y la disolución se establece una diferencia de potencial, y la unión de dos semipilas da lugar a una pila.

Velocidad de Corrosión: Valor medido del efecto de la corrosión por unidad de tiempo y de superficie. Generalmente se expresa como pérdida de peso por unidad de superficie y tiempo, o penetración por unidad de tiempo.

A.7.3

Glosario Complementario

Abastecedor: Productor o primer vendedor del acero.

Acero: Es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono en diferentes proporciones, entre alrededor de 0,05% y 2,0%. Algunas veces contiene otros elementos de aleación específicos como el cromo, níquel, manganeso, tungsteno, cobre y sílice, que se agregan para obtener diferentes tipos de aceros y con propósitos determinados.

Alabeo: Desviación de la posición real de una esquina cualquiera de una cara de un elemento, respecto al plano definido por las otras tres esquinas.

Certificado de Calidad del Acero: Documento emitido por un organismo de ensaye de materiales acreditado y autorizado por el Estado, que permite certificar y autorizar el uso de las partidas o lotes de acero, conforme a lo dispuesto por la normas chilenas vigentes.

Columna o Pilar: Elemento estructural de soporte vertical, que tiene una sección circular, cuadrada, rectangular o poligonal.

Contratista: Persona natural o jurídica que debe cumplir las disposiciones de la Ley de Subcontratación Chilena N° 20.123.

Desviación: Diferencia entre la dimensión real o posición real y la dimensión teórica o posición teórica, respectivamente.

Desviación Admisible: Es el valor de la tolerancia indicado en más (+) o en menos (-), aceptable para el enlace que debe existir entre los valores indicados en el proyecto y la ejecución.

Desviación de Nivel: Desviación vertical de la posición real de un punto, recta o plano, respecto a la posición teórica de un plano horizontal.

Desviación Lateral: Desviación de la posición real de un punto o recta dentro de un plano horizontal, respecto a la posición teórica de un punto o recta de referencia, situados en ese plano.

Desviación Relativa: Desviación entre dos posiciones reales de dos elementos en un plano, o entre elementos adyacentes en una construcción, o la distancia de un punto, recta o plano a un elemento de referencia.

Desviación Vertical: Desviación entre la posición de un punto, línea o plano y la posición de una línea vertical o plano vertical de referencia. Cuando se aplica a columnas, muros y pilares se llama desaplome.

Dimensión Mínima: Valor límite establecido para las dimensiones de fabricación e instalación de las estructuras.

Ductilidad: Capacidad que poseen los perfiles estructurales de moverse alternadamente en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable de su capacidad resistente.

Durabilidad: Término referido a una estructura que indica la vida en servicio, remanente de la misma.

Empalme por Traslape: Superposición longitudinal de dos perfiles de acero soldados.

Escorias: Subproductos resultantes de la combinación de las gangas de los minerales metálicos, o del refinado de los metales, con los fundentes y materiales de afino empleados en los procesos metalúrgicos.

Etiqueta de Identificación: Etiqueta fijada en forma estable a cada bulto, lote, partida de perfiles de acero o de elementos fabricados, que contiene el nombre del abastecedor, la cantidad y todos los datos de la trazabilidad concernientes a la fabricación del producto.

Fabricación de las Estructuras: Operación que agrupa al dimensionamiento, corte perforaciones y soldaduras de los perfiles de acero que constituyen las estructuras de un proyecto.

Factor de Forma o Masividad del Perfil: Relación entre el perímetro expuesto del perfil y el área de la sección de dicho perfil.

Ganga: Minerales de desecho que acompañan a una mena metálica.

Hierro: Es un elemento de símbolo químico Fe que raramente se encuentra en la naturaleza en estado puro, salvo el que escasamente esté presente en meteoritos provenientes del espacio. La principal fuente para su obtención son los minerales de hierro o ferrosos (de la palabra romana Ferrum), que se encuentran en la superficie o en las diferentes capas de la corteza terrestre, como por ejemplo la magnetita, hematites roja y el hierro espático.

Humedad Crítica: Valor de la humedad relativa por encima de la cual se hace patente la corrosión atmosférica del metal/aleación la cual, por encima de este umbral, aumenta de manera acentuada con el grado de humedad.

Inspector Técnico de Obra (ITO): Profesional competente, independiente del constructor, que fiscaliza que las obras se ejecuten conforme a las bases técnicas y administrativas, especificaciones y planos del proyecto, normas de construcción que le sean aplicables y al permiso de construcción aprobado. Se entenderá también como tal, la persona jurídica en cuyo objetivo social esté comprendido el servicio de fiscalización de obras y que para estos efectos actúe a través de un profesional competente. Tratándose de construcciones que ejecuta el Estado, por cuenta propia o de terceros, podrá el Inspector Fiscal desempeñarse como inspector técnico.

Laminilla: Delgada y superficial capa o película de oxidación, entre 0,04 y 0,06mm de espesor y firmemente adherida al acero, producto de la laminación en caliente de los perfiles recién fabricados.

Libro de Obra: Documento o bitácora con páginas numeradas que forma parte del expediente oficial de la obra y que se mantiene en ésta durante todo su desarrollo, en el cual se consignan las instrucciones y observaciones a la obra formuladas por los profesionales competentes, los instaladores autorizados, el inspector técnico de obra, el revisor independiente cuando corresponda, los inspectores fiscales y los inspectores de la Dirección de Obras Municipales o de los Organismos que autorizan las instalaciones.

Mena: Mineral del cual se puede extraer un metal o elemento determinado.

Planeidad: Grado en que una superficie se aproxima a un plano.

Posición Real: Ubicación de la pieza o del elemento estructural que difiere de la ubicación teórica indicada en los planos, debido a la desviación admisible de la fabricación o del montaje.

Posición Teórica: Ubicación de la pieza o del elemento estructural que está indicada en los planos del proyecto.

Profesional Competente: El arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor o constructor civil, a quienes, dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, les corresponde efectuar las tareas u obras a que se refiere la Ley y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

Proyectista Estructural: El ingeniero civil o el arquitecto que, de acuerdo a su respectivo ámbito de competencia, tiene a su cargo la confección y cálculo del proyecto de estructuras de una obra sometida a las disposiciones de la Ley y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

Rectitud: Grado en que una línea se aproxima a una recta

Recubrimiento: Espesor de la capa de pintura, zinc, hormigón u otro producto que protege al acero de la corrosión o el fuego.

Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural: El ingeniero civil o arquitecto, con inscripción vigente en el correspondiente Registro del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que efectúa la revisión del proyecto de cálculo estructural. Se entenderá también como tal, la persona jurídica en cuyo objetivo social esté comprendido dicho servicio y que para estos efectos actúe a través de uno de dichos profesionales.

Revisor Independiente: Profesional competente, con inscripción vigente en el correspondiente Registro del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que verifica e informa al respectivo Director de Obras Municipales (DOM) que los anteproyectos, proyectos y obras cumplen con todas las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes. Se entenderá también como tal, la persona jurídica en cuyo objetivo social esté comprendido dicho servicio y que para estos efectos actúe a través de un profesional competente.

Sinterización: Proceso que consiste en mezclar metales en polvo, que tienen puntos de fusión distintos, y luego calentar la mezcla hasta una temperatura más o menos igual a la del más bajo de los puntos de fusión de los metales incluidos.

Soldabilidad del Acero: Propiedad que tiene el acero para unirse hasta constituir una sola unidad cuando el grado del acero de las piezas a soldar cumple con el índice de carbono equivalente (ICE).

Tolerancia o Banda de Tolerancias: Es un número sin signo que corresponde al valor absoluto del rango cubierto por las desviaciones admisibles de una dimensión o posición.

Trabajador Competente: todo aquel trabajador u operario que esté capacitado, calificado y certificado por un organismo reconocido y autorizado de capacitación de su sector para desempeñar su oficio.

Trabajador Experimentado: Todo aquel trabajador que no es competente, pero que tiene una experiencia demostrable en el desempeño de su oficio no inferior a 3 años.

Trazabilidad: Conjunto de medidas, acciones y procedimientos que permiten registrar e identificar la fabricación del producto desde su origen hasta su destino final, a través de toda la cadena de producción.



AZA
Acero Sostenible®