

GERENCIA LINEA 6

INGENIERÍA DE DETALLE DE
PIQUES Y GALERÍAS LINEA 6
METRO DE SANTIAGO

CONTRATO N°PL6-0703-01-12

MEMORIA DE CÁLCULO

**DISEÑO DE CUBIERTAS METÁLICAS EN
PIQUES DE VENTILACIÓN FORZADA**



0	26/10/16	PARA CONSTRUCCIÓN	EEL	EVT	BCT	JCE	
C	21/09/15	APROBACIÓN METRO	EEL	JGT	BCT	JCE	
B	11/09/15	APROBACIÓN METRO	EEL	JGT	BCT	JCE	
A	07/08/15	APROBACIÓN METRO	EEL	JGT	BCT	JCE	
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	PREP	REV	J. ESP	J. PROY.	METRO
						APROBÓ	
			N° METRO S.A.		L6-ID-03-MCA-931-TU-015-R00		REV. 0
			N°CONSULTOR		E118-MCA-0500-TU-015		
			REEMPLAZA A				
 			<p>Página 1 de 78</p>				

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DESCRIPCIÓN DE LAS CUBIERTAS METÁLICAS.....	4
3. BASES DE CÁLCULO	10
3.1. DOCUMENTACIÓN Y NORMATIVA DE REFERENCIA.....	10
3.2. MATERIALES	11
3.3. ACCIONES.....	11
3.3.1. <i>Peso propio</i>	11
3.3.2. <i>Sobrecargas</i>	12
3.3.3. <i>Acción sísmica</i>	14
3.4. COMBINACIONES DE CARGAS	15
4. MODELOS DE CÁLCULO	15
4.1. PARRILLAS DE PISO	15
4.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS DE CUBIERTA	16
4.2.1. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo peatonal (modelo P1)</i>	16
4.2.2. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular eventual</i>	19
4.2.2.1. Modelo de cálculo V1	19
4.2.2.2. Modelo de cálculo V3.....	24
4.2.2.3. Modelo de cálculo V4.....	25
4.2.3. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular permanente (modelo V5)</i>	30
5. DIMENSIONAMIENTO DE PARRILLAS DE PISO.....	32
5.1. PARRILLAS COMERCIALES CON SOBRECARGA PEATONAL	33
5.2. PARRILLAS ANTITACOS CON SOBRECARGA VEHICULAR EVENTUAL	34
5.3. PARRILLAS COMERCIALES CON SOBRECARGA VEHICULAR EVENTUAL.....	37
5.4. PARRILLAS ANTITACOS CON SOBRECARGA VEHICULAR PERMANENTE.....	39
6. DISEÑO DE PERFILES METÁLICOS	41
6.1. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS	42
6.1.1. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo peatonal (modelo P1)</i>	42
6.1.2. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular eventual</i>	45
6.1.2.1. Modelo de cálculo V1	45
6.1.2.2. Modelo de cálculo V3.....	51
6.1.2.3. Modelo de cálculo V4.....	54
6.1.3. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular permanente (modelo V5)</i>	60
6.2. DIMENSIONAMIENTO DE PERFILES METÁLICOS.....	63
6.2.1. <i>Criterios de diseño estructural</i>	63
6.2.2. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo peatonal (modelo P1)</i>	63
6.2.3. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular eventual</i>	65
6.2.3.1. Modelo de cálculo V1	66
6.2.3.2. Modelo de cálculo V3.....	69
6.2.3.3. Modelo de cálculo V4.....	71
6.2.4. <i>Cubiertas con sobrecargas de tipo vehicular permanente (modelo V5)</i>	75

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se justifica el diseño estructural de las cubiertas metálicas dispuestas en el extremo superior de los Piques de Ventilación Forzada (en adelante PVF) correspondientes a la Línea 6 del Metro de Santiago.

En primer lugar, se realiza una descripción de los diferentes tipos de cubiertas existentes, fundamentalmente en base a su geometría en planta y al tipo de sobrecarga al que se encuentran sometidas; posteriormente, se definen los criterios de diseño adoptados y los modelos de cálculo empleados para el análisis y dimensionamiento estructural de dichas cubiertas; finalmente, se presentan los resultados obtenidos a partir de los modelos de cálculo anteriores, así como las diferentes comprobaciones realizadas para el dimensionamiento de los elementos estructurales que constituyen las cubiertas metálicas.

Las conclusiones de esta memoria de cálculo se encuentran reflejadas en los siguientes planos constructivos del proyecto:

◆ PVF Cerrillos Poniente	L6-ID-03-PLA-501-CE-150/151/201
◆ PVF Cerrillos Oriente	L6-ID-03-PLA-502-CE-150/151/201
◆ PVF Lo Valledor Poniente	L6-ID-03-PLA-503-CE-150/201
◆ PVF Lo Valledor Oriente	L6-ID-03-PLA-504-CE-150/151/201
◆ PVF Club Hípico Poniente	L6-ID-03-PLA-505-CE-150/201
◆ PVF Club Hípico Oriente	L6-ID-03-PLA-506-CE-150/201
◆ PVF Franklin Poniente	L6-ID-03-PLA-507-CE-150/201
◆ PVF Franklin Oriente	L6-ID-03-PLA-508-CE-150/151/201
◆ PVF Bío-Bío Poniente	L6-ID-03-PLA-509-CE-150/151/201
◆ PVF Bío-Bío Oriente	L6-ID-03-PLA-510-CE-150/201
◆ PVF Ñuble Poniente	L6-ID-03-PLA-511-CE-150/151/201
◆ PVF Ñuble Oriente	L6-ID-03-PLA-512-CE-150/201
◆ PVF Estadio Nacional Sur	L6-ID-03-PLA-513-CE-150/151/201
◆ PVF Estadio Nacional Norte	L6-ID-03-PLA-514-CE-150/151/201
◆ PVF Ñuñoa L6 Sur	L6-ID-03-PLA-515-CE-150/201

◆ PVF Ñuñoa L6 Norte	L6-ID-03-PLA-516-CE-150/201
◆ PVF Inés de Suárez Sur	L6-ID-03-PLA-517-CE-750/801
◆ PVF Inés de Suárez Norte	L6-ID-03-PLA-518-CE-150/201
◆ PVF Europa	L6-ID-03-PLA-573-CE-370/381
◆ PVF Los Leones Poniente	L6-ID-03-PLA-519-CE-150/201
◆ PVF Los Leones Oriente	L6-ID-03-PLA-520-CE-150/151/201

2. DESCRIPCIÓN DE LAS CUBIERTAS METÁLICAS

Cada una de las cubiertas de los Piques de Ventilación Forzada está constituida por una estructura de perfiles metálicos, anclados al brocal del pique, formando un entramado en el que apoyan las parrillas de piso, también metálicas, que permiten el tránsito sobre la cubierta del pique.

En relación con la geometría en planta de las cubiertas metálicas, éstas se adaptan a la forma y dimensiones interiores del pique correspondiente, presentándose los siguientes tipos:

- ◆ Circular con diámetro $\varnothing = 5$ m.
- ◆ Rectangular con lados de diferentes dimensiones.

En cuanto a la ubicación de los PVF, factor que determina el tipo de tránsito al que se encuentran expuestas sus cubiertas metálicas, pueden diferenciarse las siguientes situaciones:

- ◆ Piques situados en zonas ajardinadas, fuera del tránsito habitual de personas y vehículos, con su plano superior elevado 30 cm respecto del terreno natural; en estos piques las cubiertas están sometidas exclusivamente a sobrecargas de tipo peatonal de forma eventual.
- ◆ Piques situados en veredas, aceras u otros emplazamientos con tránsito habitual u ocasional de personas, estando su plano superior enrasado con el terreno natural o con el nivel de la calle; sus cubiertas, que se encuentran expuestas a sobrecargas de tipo peatonal de manera permanente o eventual, también pueden verse afectadas, en una situación accidental o de emergencia en la que un vehículo pesado invada la cubierta, por sobrecargas de tráfico vehicular de carácter eventual.

- ◆ Piques situados en calzadas, con tránsito habitual de vehículos y cuyo plano superior se encuentra enrasado con el nivel de la calle; en este caso las cubiertas están sometidas a sobrecargas de tráfico vehicular y peatonal de carácter permanente.

En base a lo anterior, el diseño de las cubiertas metálicas de los PVF se ha realizado considerando las tres situaciones de sobrecarga descritas anteriormente: peatonal, vehicular eventual y vehicular permanente. En cada pique se ha adoptado la hipótesis de sobrecarga más desfavorable de las anteriores, en función de su ubicación, y se ha aplicado sobre la geometría correspondiente a dicho pique.

El entramado de perfiles metálicos, sobre el que apoyan las parrillas de piso en cada PVF, está constituido por perfiles comerciales tipo IN. De forma general, en una de las direcciones principales del pique se han dispuesto las vigas principales del entramado, que son los elementos estructurales fundamentales que soportan las cargas sobre la cubierta; mientras que en dirección perpendicular a las anteriores se han colocado, en aquellos situaciones donde resulta necesario, las vigas secundarias del entramado, cuya función primordial es el arriostamiento transversal de las vigas principales y que, en algunos casos, sirven como elementos auxiliares de apoyo para las parrillas de piso, transmitiendo las cargas hasta las vigas principales. La separación entre los perfiles sobre los que apoyan las parrillas en cada pique, ya sean las vigas principales o las secundarias, es de 1,25 m en las cubiertas con tránsito exclusivamente peatonal, reduciéndose a 0,60 m en aquellas con tráfico vehicular, eventual o permanente.

Por otra parte, las parrillas de piso dispuestas en las cubiertas metálicas son, en general, de tipo comercial, empleándose para ello los diferentes tipos de parrillas Acustermic disponibles para usos generales y pesados. No obstante, en aquellas cubiertas sometidas tanto a tránsito peatonal permanente como a tráfico vehicular, permanente o eventual, se ha optado por el empleo de parrillas especiales antitacos; de elevada capacidad resistente pero con menor separación entre pletinas que las parrillas comerciales para usos pesados, con el fin de evitar problemas de atrapamiento para los peatones.

En el **Cuadro 2.1** se presenta una clasificación de las cubiertas metálicas, correspondientes los PVF de la Línea 6, en función de su geometría en planta y del tipo de sobrecarga más desfavorable que actúa sobre las mismas, indicándose también la situación de su rasante y el tipo de parrilla de piso a emplear en cada una de ellas.

PVF	GEOMETRÍA PLANTA	RASANTE	SOBRECARGA	PARRILLA
Cerrillos Poniente	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Cerrillos Oriente	Rectangular 4x5	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Lo Valledor Poniente	Circular $\Phi 5$	Elevada (+0,30)	Peatonal	Comercial
Lo Valledor Oriente	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Comercial
Club Hípico Poniente	Rectangular 2x10	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Club Hípico Oriente	Rectangular 2x10	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Franklin Poniente	Circular $\Phi 5$	Elevada (+0,30)	Peatonal	Comercial
Franklin Oriente	Rectangular 3,5x5,71	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Bío-Bío Poniente	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Bío-Bío Oriente	Rectangular 2x10	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Ñuble Poniente	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Ñuble Oriente	Circular $\Phi 5$	Elevada (+0,30)	Peatonal	Comercial
Estadio Nacional Sur	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Estadio Nacional Norte	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Ñuñoa L6 Sur	Rectangular 2,7x7,4	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Ñuñoa L6 Norte	Rectangular 2x10	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Antitacos
Inés de Suárez Sur	Rectangular 2x10	A cota (+0,00)	Vehicular permanente	Antitacos
Inés de Suárez Norte	Circular $\Phi 5$	Elevada (+0,30)	Peatonal	Comercial
Europa	Circular $\Phi 5$	Elevada (+0,30)	Peatonal	Comercial
Los Leones Poniente	Rectangular 2,7x7,4	A cota (+0,00)	Vehicular permanente	Antitacos
Los Leones Oriente	Circular $\Phi 5$	A cota (+0,00)	Vehicular eventual	Comercial

Cuadro 2.1.- Geometría, sobrecargas y tipos de parrilla en las cubiertas de los PVF.

A modo de ejemplo, en la **Figura 2.a** se muestra en planta la cubierta tipo de un pique circular de diámetro $\varnothing 5$ m solicitada por sobrecargas exclusivamente peatonales, mientras que en la **Figura 2.b** se presenta la cubierta tipo correspondiente a un pique de idéntica geometría en planta pero sometida a sobrecargas vehiculares de carácter eventual y con parrilla de tipo comercial. Comparando ambas soluciones, se puede apreciar que en el segundo caso los perfiles metálicos son de mayor sección resistente y las separaciones entre ellos son inferiores, debido al mayor nivel de sollicitaciones existente respecto del primer caso.

La conexión de las vigas secundarias a las vigas principales, así como la de los diferentes perfiles metálicos al brocal, se materializa mediante uniones apernadas a planchas metálicas, que a su vez se encuentran soldadas al alma de las vigas principales o a insertos metálicos embebidos en el hormigón del brocal. En las **Figuras 2.c** y **2.d** se muestran sendos ejemplos de los detalles de conexión descritos.

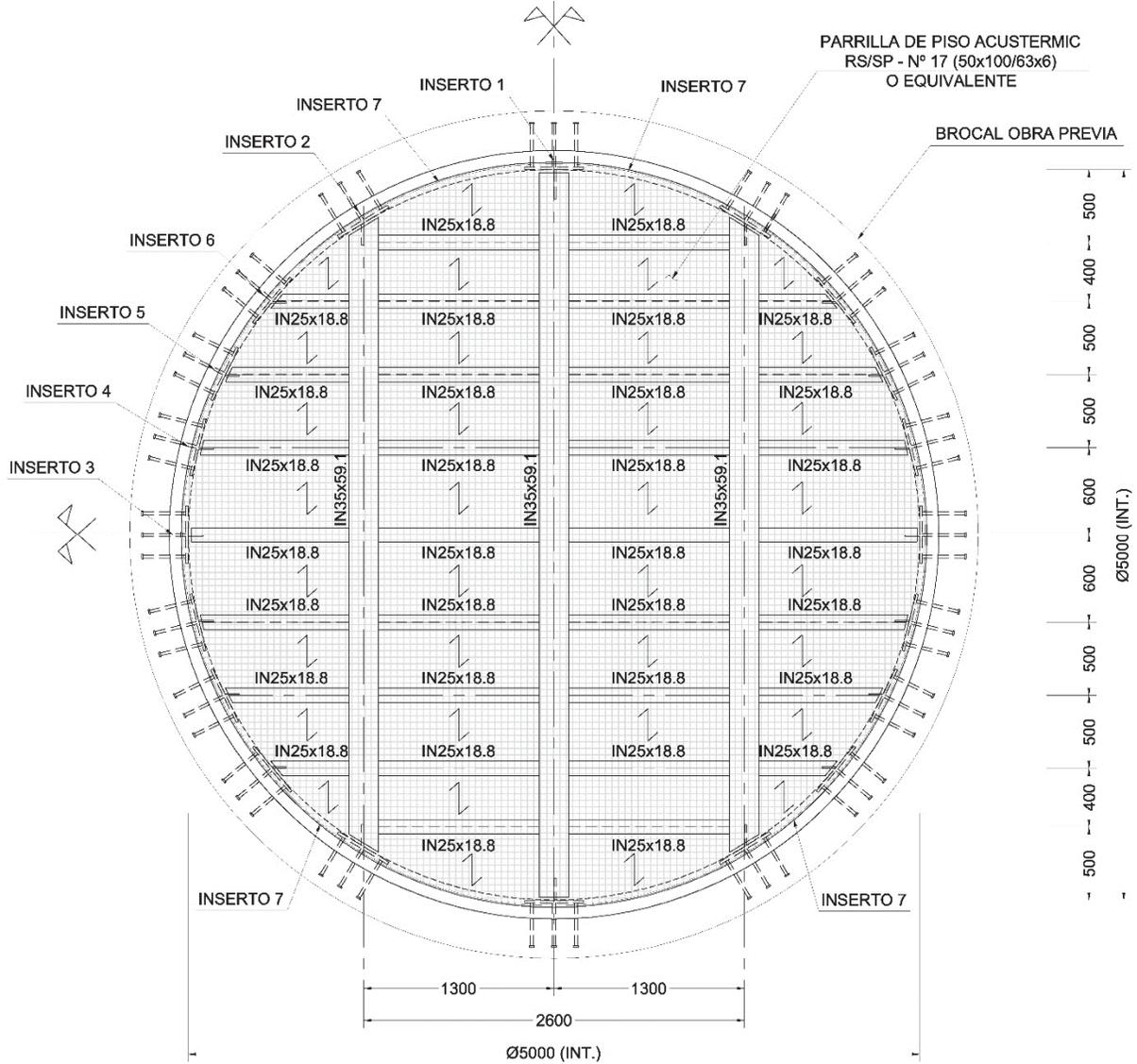


Figura 2.b.- Planta de cubierta metálica para PVF circular de diámetro $\varnothing 5$ m solicitada por tráfico vehicular eventual y con parrilla de tipo comercial.

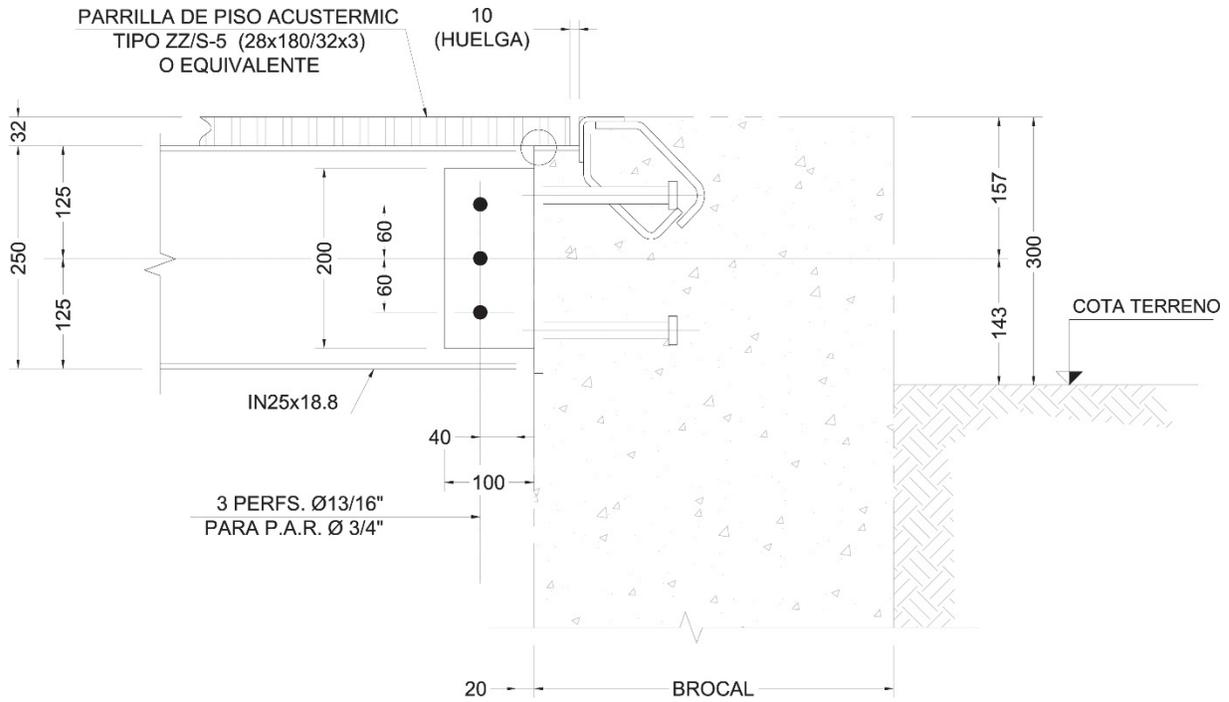


Figura 2.c.- Esquema general de conexión de los perfiles metálicos de la cubierta con el brocal en los PVF.

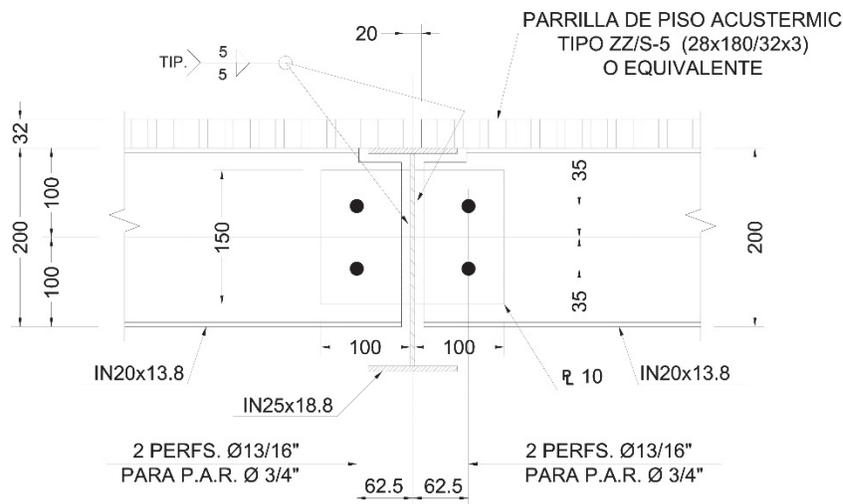


Figura 2.d.- Esquema general de conexión de las vigas principales y secundarias en la cubierta de los PVF.

3. BASES DE CÁLCULO

En este apartado se presentan los criterios de diseño e hipótesis de cálculo adoptados para el dimensionamiento de las cubiertas metálicas de los PVF.

3.1. Documentación y normativa de referencia

De forma general, el diseño estructural de las cubiertas se ha realizado atendiendo a las prescripciones y recomendaciones establecidas en las siguientes normas y documentos:

- ◆ “Manual de diseño para estructuras de acero” (ICHA, 2008).
- ◆ ANSI/AISC 360-05. “Specification for Structural Steel Buildings”.
- ◆ NCh1537.Of2009. “Diseño estructural. Cargas permanentes y cargas de uso”.
- ◆ NCh433.Of1996.Mod2009. “Diseño sísmico de edificios”.
- ◆ NCh2369.Of2003. “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales”.
- ◆ NCh3171.Of2010. “Diseño estructural. Disposiciones generales y combinaciones de cargas”.
- ◆ “AASHTO Standard Specification for Highway Bridges” (17th Edition – 2002).
- ◆ ASCE/SEI 7-10. “Minimum Design Loads for Buildings and other Structures”.
- ◆ NCh203.Of2006. “Acero para uso estructural – Requisitos”.
- ◆ ASTM A36-08. “Standard Specification for Carbon Structural Steel”.
- ◆ ASTM A325-09. “Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 120/105 ksi (830 MPa) Minimum Tensile Strength”.
- ◆ ANSI/AWS D1.1-2010. “Structural Welding Code – Steel”.
- ◆ “Specification for Structural Joints using ASTM A325 or A490 Bolts” (RCSC, 2009).
- ◆ “Parrillas de piso industriales” (Acustermic, 2013).
- ◆ NCh430.Of2008. “Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo”.
- ◆ ACI 318-05. “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”.
- ◆ NCh170.Of1985. “Hormigón - Requisitos generales”.

- ◆ NCh204.Of2006. “Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado”.

Además de las bases de cálculo generales establecidas en las referencias anteriores, para el diseño estructural de las cubiertas metálicas de los PVF también se han considerado los criterios de diseño especiales, impuestos por Metro S.A., contenidos en los folios 1941, 2918 y 2947 del Libro de Obra Digital (LOD) de la Ingeniería de Detalle de Piques y Galerías de la Línea 6 del Metro de Santiago.

3.2. Materiales

Los materiales considerados para el diseño de los elementos estructurales que constituyen las cubiertas metálicas de los PVF son los siguientes:

- ◆ Perfiles, planchas e insertos. Acero ASTM A36, con $f_y = 250$ MPa.
- ◆ Pernos de alta resistencia. Acero ASTM A325.
- ◆ Pernos de anclaje Nelson Stud. Acero estructural con $f_y = 340$ MPa.
- ◆ Parrillas de piso. Acero ASTM A36, con $f_y = 250$ MPa.

En cuanto a los materiales que integran los brocales de los PVF, a los cuales se anclan los perfiles metálicos de las cubiertas, son los siguientes:

- ◆ Hormigón estructural grado H30 (NCh170.Of1985), con $f_c' = 25$ MPa.
- ◆ Barras de acero calidad A63-42H (NCh204.Of2006), con $f_y = 420$ MPa.

3.3. Acciones

En este apartado se describen las acciones consideradas en los cálculos de las cubiertas metálicas de los PVF, clasificadas según su naturaleza, tal y como se expone a continuación.

3.3.1. Peso propio

Es la carga permanente derivada del peso propio de los elementos que constituyen la estructura metálica de la cubierta. Para su determinación se ha considerado un peso específico del acero de valor igual a $78,5 \text{ kN/m}^3$.

En el caso de los perfiles metálicos, su peso por unidad de longitud es obtenido de manera automática por el programa de cálculo empleado (SAP2000, ver apartado 4.2 de este documento) en función del peso específico del acero y de la sección de cada perfil.

En relación con las parrillas de piso, en el caso de las comerciales se han adoptado los pesos unitarios superficiales indicados por el fabricante, mientras que en las parrillas

especiales antitacos se han calculado dichos pesos unitarios superficiales mediante hojas de cálculo.

En los modelos de cálculo generados con el programa SAP2000 para el análisis estructural de los entramados de perfiles metálicos, el peso propio de las parrillas se ha considerado como una carga muerta aplicada sobre los perfiles, adoptándose los siguientes valores conservadores para el peso unitario de las mismas:

- ◆ Parrillas para sobrecargas peatonales: 1 kN/m²
- ◆ Parrillas para sobrecargas vehiculares eventuales: 2 kN/m²
- ◆ Parrillas para sobrecargas vehiculares permanentes: 2,5 kN/m²

3.3.2. Sobrecargas

Según se ha indicado en el apartado 2 de este documento, se han considerado tres posibles situaciones de sobrecarga actuando sobre las cubiertas metálicas de los PVF: peatonal, vehicular eventual y vehicular permanente. En los modelos de cálculo de cada cubierta se ha implementado la más desfavorable de dichas hipótesis de sobrecarga en función de la ubicación del pique.

A continuación se describen las acciones asociadas a cada una de las tres hipótesis de sobrecarga anteriores:

- ◆ Sobrecarga de tránsito peatonal:

Consiste en una carga superficial uniformemente distribuida de valor igual a 4 kN/m² (NCh1537.Of2009), extendida en toda el área de ocupación de la cubierta.

- ◆ Sobrecarga de tráfico vehicular eventual:

Está constituida por las cargas correspondientes al camión tipo HS 20-44 (AASHTO Standard), cuyo esquema de pesos y separaciones entre ejes y ruedas se representa en la **Figura 3.3.2.a**.

De forma general, para la aplicación de esta sobrecarga sobre las cubiertas metálicas se ha considerado un incremento de carga por efectos dinámicos del 30 % (coeficiente de impacto $C_{imp} = 1,3$). Este criterio resulta conservador en el caso de las cubiertas con tráfico eventual, donde las velocidades de los vehículos que puedan transitar de forma extraordinaria o accidental sobre ellas serán bastante inferiores a las correspondientes al coeficiente indicado. Por este motivo, para el diseño de algunos elementos de estas cubiertas, como son las parrillas de piso para tráfico vehicular eventual, se ha despreciado el incremento de carga indicado, adoptando un coeficiente de impacto

$C_{imp} = 1,0$ (conforme a lo prescrito por Metro S.A. en el folio 2918 del LOD indicado en el apartado 3.1 de este documento).

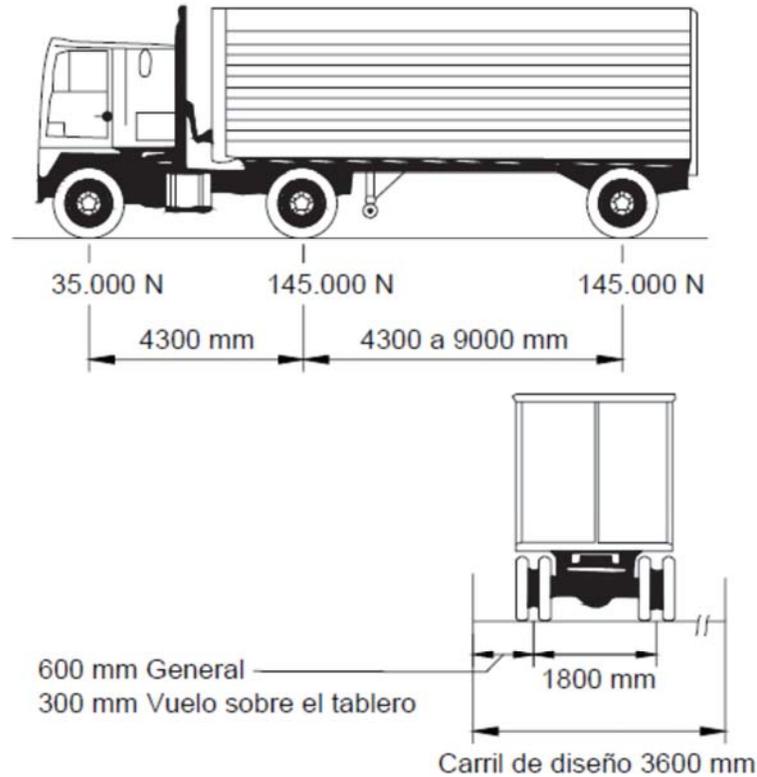


Figura 3.3.2.a.- Características del camión tipo HS 20-44 (AASHTO Standard).

La aplicación de las cargas de rueda anteriores sobre las cubiertas se ha realizado conforme a los siguientes criterios:

- ◆ En los modelos de cálculo generados para el análisis estructural de los entramados de perfiles metálicos, se han considerado las cargas correspondientes a las ruedas del camión tipo como acciones puntuales aplicadas sobre el eje de las vigas, sin considerar el reparto ejercido por las parrillas de piso en función de la superficie de apoyo (huella) de cada rueda.
- ◆ Para el dimensionamiento de las parrillas de piso, sí se ha considerado un reparto superficial de la carga de cada rueda, con unas dimensiones de huella de 0,51 m de ancho y 0,25 m de longitud.

Por otra parte, para tener en cuenta la aleatoriedad de la dirección preferente de circulación del tráfico vehicular sobre las cubiertas, en cada caso se ha considerado la posición del camión tipo cuya disposición de cargas produce el efecto pésimo sobre el elemento estructural analizado, coincidiendo de forma general con una de las

dos direcciones ortogonales principales de cada cubierta. No obstante, en el caso de las parrillas de piso para tráfico vehicular eventual se ha considerado la disposición menos desfavorable para la huella de reparto de la carga de rueda, con el ancho de 0,51 m transversal a las pletinas soportantes y el largo de 0,25 m paralelo a las mismas (conforme a lo prescrito por Metro S.A. en el folio 2947 del LOD indicado en el apartado 3.1 de este documento).

Alternativamente a la sobrecarga del camión tipo HS 20-44, se considera una sobrecarga superficial uniformemente distribuida de 12 kN/m² (NCh1537.Of2009), extendida en toda el área de ocupación de la cubierta. No obstante, esta hipótesis de carga es mucho menos desfavorable que la del camión tipo, y sus resultados se han obviado en este documento por no ser determinantes en ningún caso.

◆ Sobrecarga de tráfico vehicular permanente:

En este caso, además de las acciones descritas para la hipótesis de tráfico vehicular eventual, también se considera, como sobrecarga alternativa a las anteriores, la carga en faja o carga equivalente de vía para el camión tipo HS 20-44 (AASHTO Standard), cuyo esquema se representa en la **Figura 3.3.2.b**.



Figura 3.3.2.b.- Carga en faja para el camión tipo HS 20-44 (AASHTO Standard).

Dicha sobrecarga consiste en la combinación de una acción puntual, cuyo valor es igual a 82 kN para el análisis de los efectos de flexión y de 118 kN para los de cortante, y de una carga por unidad de longitud de 9,5 kN/m repartidos en un ancho de vía de 3 m, lo que equivale a una carga unitaria superficial de 3,2 kN/m².

Para esta sobrecarga se aplican los mismos criterios generales especificados en la hipótesis de tráfico vehicular eventual en relación con el coeficiente de impacto, la aplicación de las cargas puntuales y la orientación pésima de la carga en faja sobre la cubierta.

3.3.3. Acción sísmica

No se ha considerado la componente vertical de la acción sísmica, según lo dispuesto en la norma NCh2369.Of2003, para el análisis estructural de las cubiertas metálicas de los PVF.

3.4. Combinaciones de cargas

Para el diseño estructural por resistencia de las cubiertas metálicas se ha adoptado el Método de Diseño por Resistencias Admisibles (ASD), considerándose la siguiente combinación de cargas nominales asociada a dicho método, conforme a lo especificado en la norma NCh3171.Of2010:

$$1,0 D + 1,0 L$$

siendo:

- D Cargas permanentes o muertas
- L Cargas de uso o sobrecargas

En cuanto al diseño de las cubiertas por condiciones de servicio, para la comprobación de las deformaciones se empleará la misma combinación de cargas indicada anteriormente.

4. MODELOS DE CÁLCULO

En este apartado se describen los modelos de cálculo empleados para el diseño estructural de las cubiertas metálicas de los PVF. Dentro de este análisis se ha diferenciado entre los siguientes elementos integrantes de dichas cubiertas:

- ◆ Parrillas de piso metálicas.
- ◆ Estructuras de perfiles metálicos.

Para cada uno de los elementos estructurales anteriores se han desarrollado modelos de cálculo específicos, los cuales se describen a continuación.

4.1. Parrillas de piso

Para el análisis de las parrillas de piso metálicas se ha adoptado un modelo de viga biapoyada, con una luz de cálculo igual a la máxima separación entre los ejes de los perfiles sobre los que apoyan estas parrillas en cada pique:

- ◆ 1,25 m: en cubiertas con tránsito exclusivamente peatonal.
- ◆ 0,60 m: en cubiertas con tráfico vehicular, eventual o permanente.

Tal y como se ha explicado en el apartado 2 de este documento, en las cubiertas de los PVF se han empleado dos tipos generales diferentes de parrillas, en función del carácter de las cargas peatonales que deben soportar las mismas: