

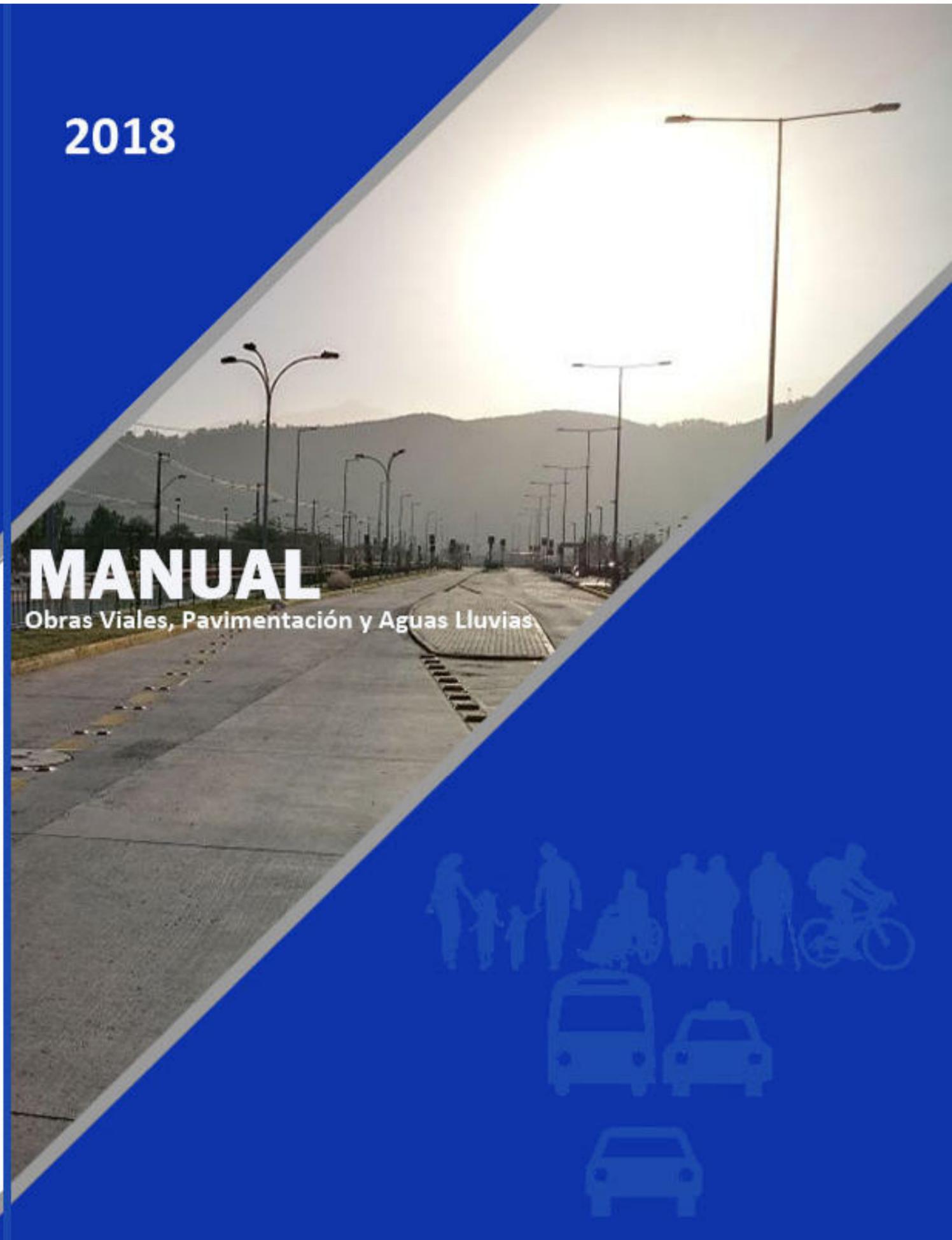


2018

# MANUAL

Obras Viales, Pavimentación y Aguas Lluvias

Manual de Obras Viales, Pavimentación y Aguas Lluvias



Serviu Metropolitano  
Serrano 45, Santiago  
<http://www.serviurm.cl/pavimentacion>

<b>0</b>	<b>MANUAL DE PAVIMENTACIÓN Y AGUAS LLUVIAS</b>	<b>2</b>
<b>0.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>0.2</b>	<b>PARTICIPACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>0.3</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>4</b>
<b>0.4</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>4</b>

# 0 MANUAL DE VIALIDAD URBANA, PAVIMENTACIÓN Y AGUAS LLUVIAS

## 0.1 INTRODUCCIÓN

Este Manual de Vialidad Urbana, Pavimentación y Aguas Lluvias, se genera por la necesidad de actualizar el Manual de Pavimentación y Aguas Lluvias vigente a la fecha, rectifica los capítulos existentes e introduce otros nuevos conceptos, debido a las modificaciones a la normativa vigente; en específico lo referido a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, que contempla conceptos como accesibilidad y diseño universal, diseño de ciclovías de alto estándar, entre otros. Con el propósito mayor de estandarizar y hacer más objetivo el diseño, revisión, ejecución e inspección de las obras de pavimentación y/o de aguas lluvias de tuición SERVIU de la Región Metropolitana.

Dentro de este Manual se desarrollan los capítulos relacionados con la elaboración de proyectos de ingeniería de pavimentación y aguas lluvias, tanto en lo relacionado con el diseño y ejecución; tratando aspectos como la georreferenciación topográfica asociada a la red geodésica de SERVIU RM, diseño estructural de pavimentos, geometría, especificaciones técnicas, entre otros; finalmente se abordan los capítulos relacionados con la ejecución e inspección de los proyectos.

En este trabajo conjunto han participado los profesionales de la Subdirección de Pavimentación y Obras Viales, a quienes se agradece profundamente su experiencia, colaboración e interés por participar y perfeccionar esta gran herramienta de consulta, tanto para quienes estamos dentro del Servicio como para aquellos consultores y contratistas externos a éste.

## 0.2 PARTICIPACIÓN

En el desarrollo de este Manual, participaron directamente las siguientes profesiones a cargo de los capítulos señalados a continuación:

- Cap. N°1: Diseño Estructural de Pavimentos, Sr. Rodolfo Ríos Martínez, Ingeniero Civil
- Cap. N°2: Diseño Geométrico, Ingeniero Civil, Sra. Magela Flores González y Srta. Yessi Quintana Araya, Ingenieros Civiles.
- Cap. N°3: Diseño Universal en el Espacio Público, Sra. Marjorie Márquez Puentes, Arquitecto
- Cap. N°4: Diseño y Ejecución de Ciclovías, Srta. Verónica Delgado Moya, Arquitecto
- Cap. N°5: Diseño Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias, Sr. Hector Rubilar Valenzuela, Ingeniero Civil.
- Cap. N°6: Especificaciones Técnicas Topográficas y Geodésicas, Sr. Daniel Paredes Villalobos, Ingeniero Ejecución en Geomensura.
- Cap. N°7: Especificaciones Técnicas de Infraestructura de Aguas Lluvias, Sr. Hector Rubilar Valenzuela, Ingeniero Civil.
- Cap. N°8: Especificaciones Técnicas Obras de Pavimentación de Asfalto en Caliente., Sr. Francisco Mora Fritz, Ingeniero Civil

- Cap. N°9: Especificaciones Técnicas Obras de Pavimentación de Asfalto Modificado en Caliente, Sr. Francisco Mora Fritz, Ingeniero Civil.
- Cap. N°10: Especificaciones Técnicas de Pavimentación en Hormigón, Sr. Luis Jaramillo Fica, Laboratorista Vial.
- Cap. N°11: Especificaciones Técnicas Vereda, Soleras y Solerillas, Sr. Luis Jaramillo Fica
- Cap. N°12: Especificaciones Técnicas de Mantenimiento y Reconstrucción de Vías, Felipe Aguilar Valenzuela, Ingeniero Civil.

Además, participaron activamente como apoyo, los siguientes profesionales:

- Sr. Alexis Torres Jorquera, Ingeniero Civil
- Sr. Armin Aros Azocar, Ingeniero Civil
- Srta. Barbara Zapata Donoso, Ingeniero Civil
- Srta. Carolina Gonzalez del Pino, Ingeniero Civil
- Sr. Carlos Trujillo Gutierrez, Constructor Civil
- Sr. Dina Herrera Carvajal, Ingeniero Civil
- Sr. Erick Sanhueza Banda, Ingeniero Civil
- Sr. Eugenio Gonzalez Morales, Ingeniero Civil
- Sr. Eugenio Valenzuela Carvacho, Constructor Civil
- Sr. Francisco Zapata Aravena, Ingeniero Civil
- Sr. Felipe de la Vega Morales, Arquitecto
- Sr. Fernando Marambio Soto, Ingeniero Civil
- Sr. Juan Puertas Lastra, Arquitecto
- Sr. Luis Vergara Barrera, Ingeniero Civil
- Sr. Osman Torres Soto, Ingeniero Civil
- Sr. Pedro Vives, Ingeniero Ejecución en Geomensura
- Sr. Ramon Mallorga Llanos, Ingeniero Civil
- Srta. Tania Bienzobas lobos, Ingeniero Civil
- Sr. Yerko Leiva Rozas, Técnico Topógrafo

Por el permanente apoyo a esta iniciativa a los señores:

- Danilo Lobo Guzman, Ingeniero Civil, Jefe Departamento Proyectos de Pavimentación.
- Orlando Zúñiga Vallejos, Ingeniero Civil, Subdirector de Pavimentación y Obras Viales

Finalmente se agradece la colaboración de los siguientes profesionales y organismos externos:

- Secretaria de Transporte, SECTRA, Rodrigo Henríquez Izquierdo, Coordinador del Área de Estudios del Territorio y la Movilidad, Alicia Santana Sáez Coordinadora área Sectra Centro y Esteban Pérez Silva, profesional de Sectra
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, Manuel González Jiménez, Departamento Obras Urbanas, División Desarrollo Urbano.
- Universidad de Santiago de Chile, Manuel Mellado, Arquitecto, Docente Usach
- Instituto Chileno del Hormigón, ICH, Mauricio Salgado Torres

### 0.3 ALCANCE

Los criterios de diseño contenidos en este Manual de Pavimentación y Aguas Lluvias, serán de carácter obligatorio para todo proyecto u obras que se ejecuten en las calles de tuición del Serviu Metropolitano, sean con financiamiento público o privado, en concordancia con la legislación vigente.

### 0.4 MARCO LEGAL

El presente documento tiene por objeto guiar la formulación de propuestas y soluciones referidas al correcto diseño y ejecución de proyectos, el cual se enmarca en el siguiente contexto normativo.

- **Ley General de Urbanismo y Construcciones**
- **Ordenanza General de Urbanismo y Construcción – (Marzo 2016) (OGUC)**

Reglamenta la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles en los dos últimos.

- **Ley de Tránsito N°18.290 – (Marzo 2016)**

Instrumento oficial mediante el cual quedan sujetas todas las personas que como peatones, pasajeros o conductores de cualquiera clase de vehículos, usen o transiten por los caminos, calles y demás vías públicas, rurales o urbanas, caminos vecinales o particulares destinados al uso público.

- **Decreto 411 (Reglamento sobre conservación reposición de pavimentación y trabajos por cuenta de particulares)**

<b>1</b>	<b>DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>MÉTODOS DE DISEÑO</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>METODOLOGÍA MECANICISTA</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>METODOLOGÍA AASHTO</b>	<b>4</b>
1.3.1	DISEÑO DE PAVIMENTOS EN H.C.V.	4
1.3.1.1	Parámetros de Diseño	4
1.3.1.2	Fórmula AASHTO 93 Pavimentos de Hormigón Cemento Hidráulico	6
1.3.2	DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO	7
1.3.2.1	Parámetros de Diseño	7
1.3.2.2	Fórmula AASHTO 93 Pavimento de Concreto Asfáltico	10
1.3.2.3	Verificación por Capas	11
1.3.2.4	Verificación de Potencial de Rigidez de las Capas no Ligadas	11
<b>1.4</b>	<b>CARTILLAS DE DISEÑO</b>	<b>12</b>
1.4.1	CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	12
1.4.2	CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	13
<b>1.5</b>	<b>DISEÑO DE ACCESOS</b>	<b>14</b>
1.5.1	ACCESO TIPO PARA PROPIEDADES PRIVADAS	14
1.5.2	ACCESO TIPO ESTACIONES DE SERVICIO	16
1.5.3	ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO Y UBICACIÓN DE VEREDAS	17
1.5.4	PAVIMENTOS ARTICULADOS	18
1.5.4.1	Adoquines prefabricados de hormigón	18
1.5.4.2	Baldosas Microvibradas	18
<b>1.6</b>	<b>DISEÑO ESTRUCTURAL ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS</b>	<b>19</b>
<b>1.7</b>	<b>AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS</b>	<b>21</b>
1.7.1	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA	21
1.7.1.1	Pavimentos Flexibles	22
1.7.1.2	Pavimento Rígido	23
1.7.1.3	Capas Granulares	23
1.7.2	PROSPECCIÓN CON GEO-RADAR (GPR)	25
1.7.3	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (CRD)	26
1.7.3.1	PÉNDULO BRITÁNICO COMO INSTRUMENTO DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN	26
1.7.3.2	EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO MEDIANTE EQUIPO GRIP TESTER	27
1.7.4	MEDICIÓN DE REGULARIDAD DEL PAVIMENTO	29

1.7.4.1	Medición del IRI con MERLIN	29
1.7.4.2	Lisura (HIGH-LOW)	31
1.7.4.3	Rugosidad de los pavimentos mediante perfilometro laser	32
1.7.5	INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS	32
1.7.5.1	Agrietamiento en pavimentos asfálticos	32
1.7.5.2	Agrietamiento en pavimentos de hormigón	35

## 1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

En materia de diseño estructural de pavimentos urbanos, en la actualidad la tendencia mundial es de usar metodologías mecanicistas, las cuales han demostrado predecir en forma más acertada el comportamiento de ese tipo de pavimentos.

Cabe precisar que existen metodologías validadas que utilizan criterios empíricos / teóricos como el basado en la prueba AASHTO americana, que tienen aplicabilidad limitada en pavimentos urbanos restringidos a tráficos por sobre  $1 \times 10^6$  Ejes Equivalentes (EE) que incluso en la actualidad han sido transformados utilizando métodos mecanicistas (AASHTO 1998 y 2002).

En la generalidad de los casos, las vías no estructurantes según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, tienen un tránsito inferior a  $1 \times 10^6$  EE, por tanto su diseño estructural se basa en la metodología mecanicista. Por el contrario, las vías contempladas en el Plan (Metropolitanas, Troncales y Colectoras) se pueden diseñar con la metodología AASHTO, pudiendo verificarse con la metodología mecanicista.

### 1.1 MÉTODOS DE DISEÑO

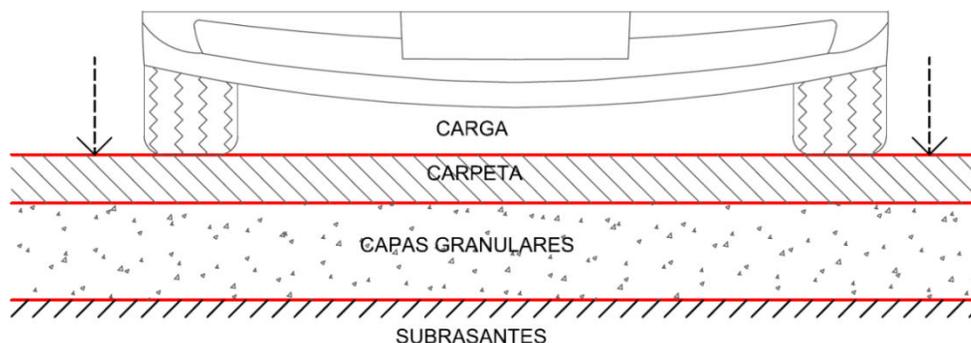
#### 1.2 METODOLOGÍA MECANICISTA

Se basan en la determinación racional del estado de tensiones en cualquier punto bajo el pavimento y la aplicación de un modelo de fatiga que permite estimar consumo de fatigas para cada estado tensional

Datos requeridos para los modelos:

- Propiedad de los materiales: E : (Módulo Elástico de las capas aglomeradas)
- MR : (Módulo Resiliente de las capas no aglomeradas y del suelo de subrasante)
- $\nu$  : (Coeficiente de Poisson)
- Espesor capas: H
- Cargas: Magnitud, geometría, N° de repeticiones, presión de inflado de los neumáticos.
- Coordenadas: X, Y, Z
- Clima

La experiencia muestra que los estados tensionales críticos se producen en la interfase de Carpeta/Capas Granulares (Base-Sub base) y de Capas Granulares (Base-Sub base)/Subrasante.



**Figura 1.2.1**

Tensiones bajo la estructura de pavimento

El SERVIU Metropolitano ha desarrollado cartillas de diseño para tráficos de menos de  $1 \times 10^6$  EE, las que han sido generadas en consideración a las características más relevantes de los pavimentos urbanos de la Región Metropolitana y que tienen aplicación en la medida que las obras de pavimentación respectivas sean construidas en estricto apego a las Especificaciones Técnicas del SERVIU Metropolitano.

Además, en base a la metodología AASHTO del acápite 1.2 de este documento, se han desarrollado cartillas para vías Colectoras, Troncales y Metropolitanas. Para estas vías puede utilizarse indistintamente la metodología del acápite 1.2 ya señalado, o bien, las cartillas que a continuación se presentan en el acápite 2.

### 1.3 METODOLOGÍA AASHTO

#### 1.3.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS EN H.C.V.

##### 1.3.1.1 Parámetros de Diseño

- **Tránsito Ejes Equivalentes (EE)**

Se determinará a partir de la clasificación de vías según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (P.R.M.S.), el Artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y encuestas de tránsito según Estudio de Estratigrafía de Tránsito del SERVIU Metropolitano.

En el caso de que no se cuente con estratigrafía de tránsito, ni conteos de flujo vehicular, que permitan estimar el número de ejes equivalentes del proyecto, se debe alternativamente considerar los EE mínimos de diseño por pista que se indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 1.3.1**

Ejes Equivalentes Mínimos de Diseño por Pista

Tipo de Vía	Tránsito EE
Vías Metropolitanas	$20 \times 10^6$
Vías Troncales	$10 \times 10^6$
Vías Colectoras	$3 \times 10^6$

En el caso de contar con conteos vehiculares y estratigrafías, ha de considerarse para el cálculo de los EE de diseño los siguientes parámetros, teniendo presente que los mínimos EE de diseño son los indicados precedentemente:

- **Confiabilidad del Diseño (R)**

En términos generales:

**Tabla 1.3.2**  
Índices de Confiabilidad según tipo de vía

Tipo de Vía	Confiabilidad R (%)
Metropolitanas	80
Troncales	75
Colectoras	60
Servicio o Locales	50

- **Desviación Estándar Combinada (So)**

En términos generales en Pavimentos H.C.V.,  $S_o = 0.45$

- **Coefficiente Estadístico Asociado a la Confiabilidad (Zr)**

En términos generales:

**Tabla 1.3.3**  
Índice de Confiabilidad Asociado al Coeficiente Estadístico

Confiabilidad R (%)	Coefficiente Estadístico Zr
80	- 0.841
75	- 0.674
60	- 0.253
50	- 0.000

- a) **Módulo de Reacción de la Subrasante (K)**

Se puede determinar de dos formas:

1. De correlaciones con el CBR

**Tabla 1.3.4**  
Correlación CBR – Modulo de Reacción de la Subrasante (K)

CBR (%)	K ( $\text{kg/cm}^3$ )
$\leq 10$	$0.25 + 5.15 \log \text{CBR}$
$> 10$	$4.51 + 0.89 (\log \text{CBR})^{4.34}$

2. Mediante deflectometría, con la salvedad que si se trata de suelos finos el valor obtenido se divide por 2.
- b) Coeficiente de Drenaje de la Base (Cd)**

**Tabla 1.3.5**  
Coeficiente de Drenaje

Cd	Caso
1.0	En zonas urbanas
0.9	En casos especiales, como suelos muy finos con presencia de napa en la zona de influencia de transmisión de carga (0 a 1 m)

**c) Resistencia Media de Diseño (Rmf)**

Se debe considerar el valor de la resistencia media a flexotracción a los 28 días.

En términos generales entre 50 y 52 kg/cm<sup>2</sup>.

En zonas urbanas normalmente se coloca hormigón de Planta, es decir, con buen control de calidad de las materias primas y los procesos, en consecuencia, es normal obtener coeficientes de variación entorno al 10%.

**e) Coeficiente de Transferencia de Carga (J)**

Este valor puede variar dependiendo de la época del año y la hora del día, además de si existen o no barras de transferencia (que en Chile no se usan), en consecuencia, el valor varía normalmente entre 3.6 y 3.8.

**f) Módulo de Elasticidad del Hormigón (E)**

En términos generales E varía entre 290.000 y 300.000 kg/cm<sup>2</sup>

**1.3.1.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimentos de Hormigón Cemento Hidráulico**

$$EE = \left[ \frac{H + 25.4}{25.882} \right]^{7.35} \cdot 10^\alpha \cdot B^{(4.22 - 0.32 \cdot pf)}$$

$$\alpha = \frac{\log \left[ \frac{pi - pf}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \left[ \frac{180.779}{H + 25.4} \right]^{8.46}} + Z_R \cdot S_o$$

$$B = \frac{Rm \cdot Cd}{1.487 \cdot J} \cdot \left[ \frac{H^{0.75} - 12.808}{H^{0.75} - 83.200 \cdot \left(\frac{K}{E}\right)^{0.25}} \right]$$

**Ecuación 1.3.1**

*Fórmula ASSHTO 93 para Pavimentos Rígidos*

- EE = Ejes equivalentes de 80 KN (8.16 ton) de rueda doble
- H = Espesor losa de pavimento en mm
- pf = Índice de serviciabilidad final del pavimento
- pi = Índice de serviciabilidad inicial del pavimento
- ZR = Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad
- So = Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros
- K = Módulo de reacción de la Subrasante en MPa/m
- Cd = Coeficiente de drenaje de la base
- Rmf= Resistencia media del hormigón a flexotracción a 28 días
- E = Módulo de elasticidad del hormigón en MPa
- J = Coeficiente de Transferencia de carga

### 1.3.2 DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO

#### 1.3.2.1 Parámetros de Diseño

- **Tránsito Ejes Equivalentes (EE)**

Se determinará a partir de la clasificación de vías según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (P.R.M.S.), el Artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y encuestas de tránsito según Estudio de Estratigrafía de Tránsito del SERVIU Metropolitano.

En el caso de que no se cuente con estratigrafía de tránsito, ni conteos de flujo vehicular, que permitan estimar el número de ejes equivalentes del proyecto, se debe alternativamente considerar los EE mínimos de diseño por pista que se indica a continuación:

**Tabla 1.3.6**

Ejes Equivalentes mínimos de diseño por pista

Tipo de Vía	Tránsito EE
Vías Metropolitanas	$20 \times 10^6$
Vías Troncales	$11 \times 10^6$
Vías Colectoras	$4 \times 10^6$

En el caso de contar con conteos vehiculares y estratigrafías, ha de considerarse para el cálculo de los EE de diseño los siguientes parámetros, teniendo presente que los mínimos EE de diseño son los indicados precedentemente:

- **Confiabilidad de Diseño (R)**

En términos generales:

**Tabla 1.3.7**

Índices de Confiabilidad según tipo de vía

Tipo de Vía	Confiabilidad R (%)
Metropolitanas	80
Troncales	75
Colectoras	60
Servicio o Locales	50

- **Desviación Estándar Combinada (So)**

En términos generales en Pavimentos Asfálticos,  $S_o = 0.45$

- **Coefficiente Estadístico de Confiabilidad (Zr)**

En términos generales:

**Tabla 1.3.8**

Índice de Confiabilidad Asociado al Coeficiente Estadístico

Confiabilidad R (%)	Coefficiente Estadístico Zr
80	- 0.841
75	- 0.674
60	- 0.253
50	- 0.000

- **Módulo Resiliente (MR)**

**Tabla 1.3.9**

Módulo Resiliente

Capa	CBR de aplicación (%)		MR (kg/cm <sup>2</sup> )
	≥	≤	
Base Granular	60	80	$-0.147 (CBR)^2 + 29.9 (CBR) + 592$
Subbase Granular	20	40	$-0.152 (CBR)^2 + 22.44 (CBR) + 512$
Subrasante	2	30	$115.247 (CBR)^{0.595}$

- **Coefficientes Estructurales (ai)**

Estos coeficientes dependientes del tipo de capa estructural y de sus características:

**Tabla 1.3.10**

Capa Estructural de Carpeta Asfáltica

Estabilidad Marshall N	Coefficiente a <sub>i</sub>
14.000 – 12.000	0.44
12.000 – 10.000	0.43 – 0.42
10.000 - 9.000	0.41 – 0.40

Nota: Es obligatorio en espesores de carpeta de más de 4 cm, usar árido de tamaño máximo ¾”

**Tabla 1.3.11**

Capa Estructural de Binder

Estabilidad Marshall N	Coefficiente a <sub>i</sub>
8.000 – 12.000	0.39

**Tabla 1.3.12**

Capa Estructural de Base Estabilizada

CBR (%)	Coefficiente a <sub>i</sub>
80 a 100	0.13

**Tabla 1.3.13**

Capa Estructural de Base Estabilizada

CBR (%)	Coefficiente a <sub>i</sub>
30 a 40	0.11

- **Coefficiente de Drenaje (mi)**

**Tabla 1.3.14**  
Coeficiente de Drenaje

<b>m<sub>i</sub></b>	<b>Caso</b>
1.0	En zonas urbanas
0.9	En casos especiales, suelos muy finos y presencia de napa en la zona de influencia de transmisión de cargas (0 a 1m).

- **Números Estructurales (NE<sub>i</sub>)**

NE<sub>3</sub>: Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Subrasante.

NE<sub>2</sub>: Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Subbase.

NE<sub>1</sub>: Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Base.

**1.3.2.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimento de Concreto Asfáltico**

$$EE = (NE_i + 25.4)^{9.36} \cdot 10^{-(16.4 - ZR \cdot S_o)} \cdot MR_i^{2.32} \cdot \left( \frac{p_i - p_f}{4.2 - 1.5} \right)^{1/B}$$

$$B = 0.40 + \left[ \frac{97.811}{NE_i + 25.4} \right]^{5.19}$$

**Ecuación 1.3.2**

*Fórmula ASSHTO 93 para Pavimentos Flexibles*

EE = Ejes equivalentes de 80 KN (8.16<sup>ton</sup>) de rueda doble

NE = Números estructurales en mm

pf = Índice de serviciabilidad final del pavimento

pi = Índice de serviciabilidad inicial del pavimento

ZR = Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad

So = Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros

MR<sub>i</sub> = Módulo resiliente de la capa i en MPa

**1.3.2.3 Verificación por Capas**

$$e_{\text{asf}} \geq NE_1 / a_{\text{asf}}$$

$$e_{\text{base}} \geq (NE_2 - e_{\text{asf}} \cdot a_{\text{asf}}) / 0.13$$

$$e_{\text{subbase}} \geq (NE_3 - e_{\text{base}} \cdot 0.13 - e_{\text{asf}} \cdot a_{\text{asf}}) / 0.11$$

**1.3.2.4 Verificación de Potencial de Rigidez de las Capas no Ligadas**

Verificación por el Método Shell:

**a) Espesor de la Subbase:**

- Se debe verificar:

$$k_1 \cdot MR_{\text{subrasante}} \geq MR_{\text{subbase}}$$

Dónde:

$$k_1 = 0.2 \cdot (e_{\text{subbase}})^{0.45}$$

Para  $e_{\text{subbase}}$  expresada en mm.

- Si no cumple  $\Rightarrow$  aumentar  $e_{\text{Subbase}}$

**b) Espesor de la Base**

- Se debe verificar:

$$k_1 \cdot MR_{\text{subrasante}} \geq MR_{\text{subbase}}$$

Dónde:

$$k_1 = 0.2 \cdot (e_{\text{subbase}})^{0.45}$$

Para  $e_{\text{subbase}}$  expresada en mm.

- Si no cumple  $\Rightarrow$  aumentar  $e_{\text{Base}}$

**1.4 CARTILLAS DE DISEÑO**

**1.4.1 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**Tabla 1.4.1**  
Cartilla de Diseño Pavimentos Asfálticos

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERÍSTICA	CBR SUBRASANTE [%]				
			≤ 3	4-7	8-12	13-19	≥ 20
PASAJE T ≤ 50.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
LOCAL T ≤ 200.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
SERVICIO T ≤ 1.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	50	50	50	50	50
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	50	50	50	50	50
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
COLECTORA T ≤ 3.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	70	70	70	60	60
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	70	70	70	70	70
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	300	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-
TRONCAL T ≤ 10.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000	80	80	80	80	80
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000	80	80	80	80	80
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	350	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-
EXPRESA T ≤ 20.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	90	90	90	90	90
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	90	90	90	90	90
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	350	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m<sup>2</sup>, en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.
2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.
3. La gradualidad de capacidad de soporte en los rellenos estructurales debe ser respetada para efectos de diseño, sin embargo podrá ser modificada al rango más alto en etapa de construcción previa autorización de la inspección fiscal.
4. Los espesores propuestos están expresados en milímetros.

**1.4.2 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN**

**Tabla 1.4.2**

Cartilla de Diseño Pavimentos de Hormigón

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERÍSTICAS	CBR SUBRASANTE (%)				
			≤ 3	4-7	8-12	13 - 19	≥ 20
PASAJE T≤50.000EE	LOSA	GRE=G35	140	130	120	120	120
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
LOCAL T≤200.000EE	LOSA	GRE=G35	160	140	130	130	130
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
SERVICIO T≤1.000.000EE	LOSA	GRE=G35	170	160	150	150	150
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
COLECTORA T≤3.000.000EE	LOSA	GRE=G35	190	180	180	180	170
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150
TRONCAL T≤10.000.000EE	LOSA	GRE=G35	230	220	220	220	210
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150
EXPRESA T≤20.000.000EE	LOSA	GRE=G35	260	260	250	250	240
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m<sup>2</sup>, en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.
2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.
3. GRE: Grado de Resistencia Especificada, según Nch170:2016.
4. La dosis mínima de cemento a utilizar en función al grado especificado y la exposición es de 360 kg/m<sup>3</sup>.
5. Los espesores propuestos están expresados en milímetros.

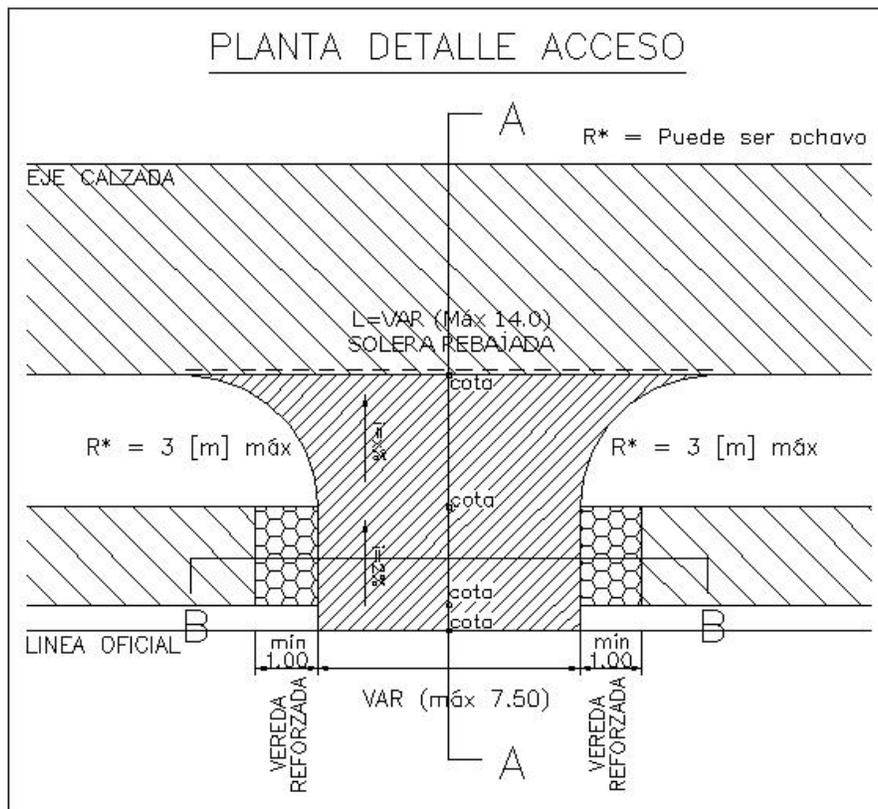
## 1.5 DISEÑO DE ACCESOS

### 1.5.1 ACCESO TIPO PARA PROPIEDADES PRIVADAS

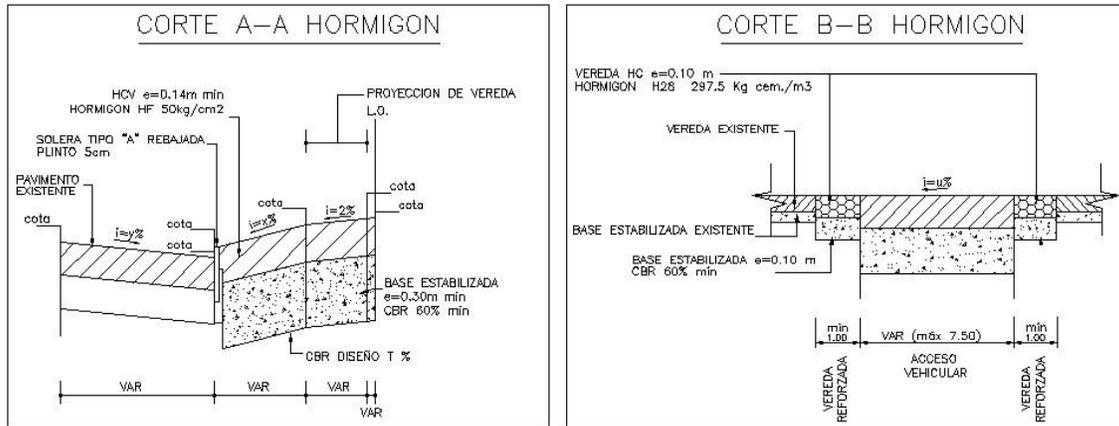
Los accesos a propiedades privadas tales como viviendas unifamiliares, edificios, estacionamientos, conjuntos habitacionales, condominios, locales comerciales u otros, que originen el paso frecuente de vehículos por la acera desde o hacia la calzada adyacente, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a. Sus accesos y salidas no podrán interrumpir las soleras, por lo que, éstas deberán ser rebajadas.
- b. Respecto a la longitud de cada rebaje de soleras, éste no podrá ser superior a 14 m y el cruce con la vereda tendrá un ancho máximo de 7.5 m (Ver la O.G.U.C., capítulo 4, art. 2.4.4 y 2.4.5).
- c. Con el objeto de asegurar el uso, permanencia y desplazamiento de todas las personas de manera autónoma y sin dificultad, incluidas las personas con discapacidad, especialmente aquellas con movilidad reducida, los nuevos espacios públicos y aquellos existentes que se remodelen, deberán cumplir con todas las disposiciones establecidas en el Art. 2.2.8 de la OGUC.
- d. Entre los accesos o salidas sucesivas, correspondientes a un mismo predio, deberá existir un refugio peatonal de una longitud mínima de 2 m. en el sentido de la circulación peatonal. El área a considerar no debe ser inferior a 4.5 m<sup>2</sup> (Ver REDEVU Art.3.301.6), salvo que sean viviendas unifamiliares.
- e. El punto de inicio más próximo a la esquina del rebaje de solera o salida vehicular, no podrá distar menos de 6 m de la línea de detención de los vehículos, ni menos de 10 m. de la intersección virtual entre las líneas de solera de dicha esquina. Esto aplicable a nuevas urbanizaciones o apertura de accesos en predios existentes.
- f. El pavimento del acceso debe subir al nivel de la vereda, manteniendo ésta su continuidad geométrica. El empalme del acceso con calzada debe ser utilizando soleras rehundidas con plinto 0.05 m hasta 0.15 m.
- g. En el caso de accesos vehiculares a viviendas unifamiliares, si la distancia entre línea de solera y vereda o entre vereda y línea de cierre es mayor a 1.0 m, se podrá proyectar dos huellas de 0.50 m de ancho.

- h. Las propiedades privadas deben contar con solución interna de aguas lluvias, de modo de asegurar que ellas no evacuarán el diferencial de aguas lluvias generado por la nueva urbanización hacia el sector público. Esta información deberá ser adjuntada al proyecto.
- i. Respecto al valor de los radios a considerar en la entrada a los accesos, se deberán diseñar para una velocidad apropiada de ingreso, utilizando radios menores o iguales a 3 m. Se permite también el empalme mediante ochavos. Se exceptúa de lo anterior el caso particular de estaciones de servicio o locales que requieren accesibilidad equivalente donde se deberá diseñar de acuerdo al ángulo  $\theta$  (Ver cap. 3.2 de este manual. Diseño acceso a estaciones de servicio) y casos especiales como predios con entrada y salida de camión que no permitan viraje.
- j. Como antecedente al proyecto, y como una forma de verificar el buen estado de conservación de veredas y calzadas existentes, se deberá adjuntar set fotográfico de frente predial, cuyas fotografías serán debidamente identificadas. Si producto de las obras las veredas y calzadas quedan con mayor deterioro que las existentes, deberá rehacer.



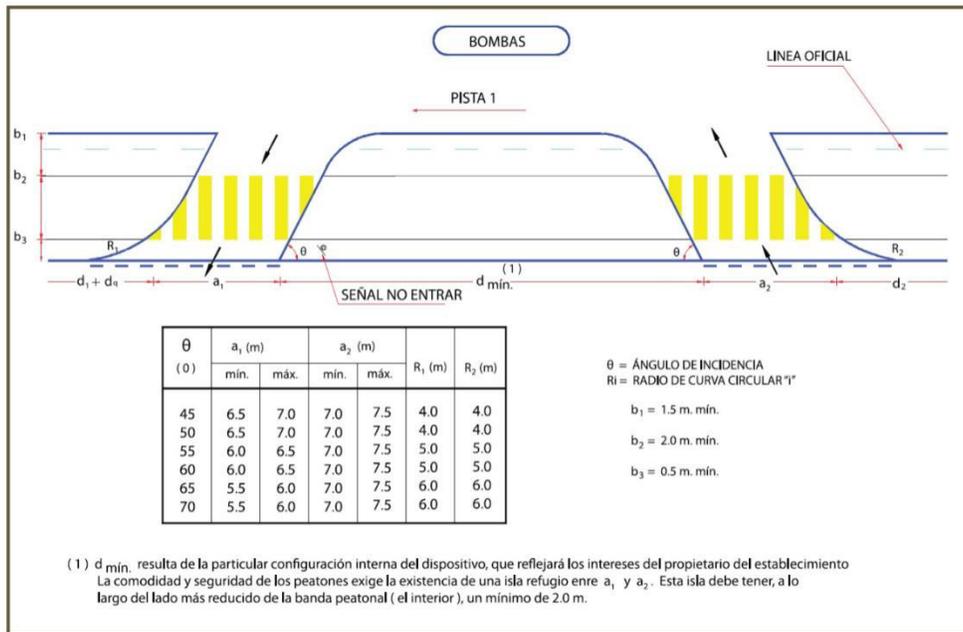
**Figura 1.5.1**  
Planta de Acceso Tipo



**Figura 1.5.2**  
Cortes de Acceso Tipo

**1.5.2 ACCESO TIPO ESTACIONES DE SERVICIO**

En el artículo 3.404.2 del Vol. 3 del REDEVU, se define el caso en particular correspondiente a un emplazamiento tipo de una estación de servicio ubicada en la intersección de dos vías bidireccionales.



**Figura 1.5.3**  
Planta Acceso Tipo Estaciones de Servicio

En el caso de que estos tipos de accesos se encuentren próximos a alguna esquina, se debe especificar la distancia mínima que debe existir entre ellos y la intersección de las líneas de soleras asociadas a cada

frente, calculando las distancias  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_q$  de acuerdo al flujo considerado según tipo de vía (Art. 2.3.2 de O.G.U.C.).

En la Lámina 3.404-B se especifican los parámetros de diseño para la definición geométrica de los elementos que componen los accesos de entrada y salida a la estación de servicio o local con accesibilidad equivalente. Esta definición es compatible con la configuración descrita para ambos frentes en la lámina 3.404-A.

Se considerarán los valores mínimos de las distancias  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ , como también, se verificará el  $d_{\min}$  de la isla resultante entre accesos (de entrada y salida), considerando que el lado más reducido de la banda peatonal en la isla, deberá tener un largo mínimo de 2.0m. Por otro lado, se diseñarán las distancias  $a_1$ ,  $a_2$  y los radios de curvatura circular  $R_i$  según el ángulo de incidencia  $\theta$ . (Ver Lám. 3.404-B).

Respecto a la longitud de cada rebaje de soleras, éste no podrá ser superior a 14 m y el cruce con la vereda tendrá un ancho máximo de 7.5 m (Ver la O.G.U.C., capítulo 4, art. 2.4.4 y 2.4.5).

Con el objeto de asegurar el uso, permanencia y desplazamiento de todas las personas de manera autónoma y sin dificultad, incluidas las personas con discapacidad, especialmente aquellas con movilidad reducida, los nuevos espacios públicos y aquellos existentes que se remodelen, deberán cumplir con todas las disposiciones establecidas en el Art. 2.2.8 de la OGUC.

Entre los accesos o salidas sucesivas, correspondientes a un mismo predio, deberá existir un refugio peatonal de una longitud mínima de 2m, en el sentido de la circulación peatonal. El área a considerar no debe ser inferior a 4.5 m<sup>2</sup> (Ver REDEVU Art.3.301.6).

Nota: El acceso deberá quedar a nivel de la vereda en el cruce con ésta.

### 1.5.3 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO Y UBICACIÓN DE VEREDAS

- a. Los estándares de diseño, como el ancho mínimo de las veredas, se realizarán de acuerdo al tipo de vía según lo señalado en el Art. 2.3.2 y 3.2.5 de la O.G.U.C.
- b. Las veredas contiguas a los accesos (ambos lados) deben ser reforzadas en una longitud mínima de 1m, medido desde la parte más ancha del acceso, considerando espesores de hormigón  $e=0.10m$  y base estabilizada  $e=0.10m$ . Sin embargo, para el caso puntual de accesos a viviendas unifamiliares, el ancho de las veredas reforzadas podrá ser de 0.5m.
- c. Las veredas deberán ubicarse a una distancia mínima de 0,6 m de la línea de soleras. La distancia entre las veredas y L.O. dependerá del tipo de vía. Para vías locales la distancia mínima debe ser de 0,20 m y en el caso de vías con categoría de servicio o superior, una distancia mínima de 0,5 m.
- d. En el diseño de pasajes, no se contempla la proyección de veredas, pues, éstos por si solos conforman una solución peatonal.
- e. Las veredas deben ser con trazados preferentemente rectos y sin obstrucciones según lo estipulado en el Art. 2.2.8, O.G.U.C., respetando la huella accesible y favoreciendo la accesibilidad universal.
- f. Respecto a su vida útil esperada, ésta será de 12 años para aquellas realizadas de baldosas microvibradas, de cemento Pórtland o de cemento similar (Ver Art. 6 del D.S. N° 411(1948)).
- g. Se deberá considerar la implementación de rebajes de vereda donde corresponda. La ubicación de estos sistemas tratará de facilitar el acceso a la calzada de personas discapacitadas, para lo cual se implementan depresiones (rampas), continuando con la proyección de las veredas que se interceptan en una esquina de calles. Por lo tanto, por cada intersección de veredas se

considerarán los rebajes de vereda según indica la página web de la subdirección de pavimentación. (Ver <http://pavimentacion.serviurm.cl/>)

- h. Para los rebajes de vereda se deben considerar soleras con plinto 0 cm con una tolerancia máxima de +1 cm, en el empalme con la calzada que enfrentan si existe acumulación de aguas lluvias.

### 1.5.4 PAVIMENTOS ARTICULADOS

#### 1.5.4.1 Adoquines prefabricados de hormigón

Su forma y espesores tienen relación directa con la resistencia de los pavimentos. La selección de resistencia se hará conforme al diseño del pavimento, de acuerdo a la siguiente Tabla:

**Tabla 1.5.1**  
Especificaciones de Elementos Prefabricados Según Requerimientos

Tipo	Uso	Espesor	Resistencia
		(cm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Adoquines	Ornamental fuera de la huella peatonal	6	250

**Tabla 1.5.2**  
Espesor Material Utilizado Como Base (mm)

	≤ 3	4-10	>10
<b>CBR Subrasante</b>			
<b>Base CBR 100%</b>	400	250	150

Elementos en la estructura de un pavimento de adoquines:

- Capa de rodado compuesta por adoquines.
- Cama de arena (espesor 30mm).
- Sub-base.
- Confinamiento en todos sus bordes.
- Subrasante.

#### 1.5.4.2 Baldosas Microvibradas

Se presentan tres situaciones en relación a la estructuración mínima asociada al uso de baldosas:

- a. Veredas peatonales: En el caso de disponer de baldosas como superficie peatonal se debe respetar la siguiente estructuración: una base espesor 0,07m (CBR mín 60%), un mortero de pega espesor 0,04m y baldosas microvibradas espesor mínimo 0,036m.
- b. Veredas reforzadas: Esta situación aplica al refuerzo dado a las veredas adyacentes a un acceso (1m longitud mínima) o bien puede corresponder al acceso mismo en el caso de viviendas unifamiliares. Se debe respetar la siguiente estructuración: una base espesor 0,1m (CBR mín 60%), una vereda de hormigón H28 de espesor 0,1m, un mortero de pega espesor 0,04m y baldosas microvibradas espesor mínimo 0,036m.

- c. Veredas acceso: En el caso de accesos la estructuración debe responder a la cartilla de pavimentos de hormigón para pasajes (acápite 1.3 de este documento) y sobre ésta deben disponerse las baldosas microvibradas de espesor mínimo 0,036m y un mortero de pega espesor 0,04m.

**Tabla 1.5.3**

Requisito Baldosas Estampadas

Formato [cm]	Desgaste [gr/cm <sup>2</sup> ]	Flexión [Kg]	Compresión [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Impacto [cm]	Espesor [mm]
30×30	0,18-0,22	200-280	200-280	62-70	30-40	32
40×40	0,18-0,22	200-300	200-300	68-75	30-40	36
40×40 e = 4,0	0,18-0,22	250-350	200-300	78-88	35-45	40
40×40 e = 4,5	0,18-0,22	450-600	220-320	84-94	38-48	45
40×40 e = 7,0	0,18-0,22	900-1100	220-320	150-165	60-80	70

**Tabla 1.5.4**

Requisito Baldosas Estampadas

Formato [cm]	Desgaste [gr/cm <sup>2</sup> ]	Flexión [Kg]	Compresión [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Impacto [cm]	Espesor [mm]
30×30	0,20-0,25	200-300	220-300	62-68	32-38	29
40×40	0,20-0,25	300-350	220-320	66-72	38-44	32
40×40 e = 4,0	0,20-0,25	300-450	220-320	78-88	42-47	40
40×40 e = 4,5	0,20-0,25	350-500	220-320	84-94	45-50	45
50×50	0,20-0,25	250-400	250-350	75-85	42-48	38
60×40	0,20-0,25	200-350	250-350	75-85	35-45	38

**1.6 DISEÑO ESTRUCTURAL ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS**

El diseño estructural para la reposición de pavimentos de asfalto, se debe realizar en función a lo señalado en el punto 1.4 de esta Especificación Técnica. Para el diseño de pavimentos en hormigón aplicara un factor de seguridad de **1,40**.

El criterio anteriormente expuesto se aplicara para renovación de servicios en los siguientes casos:

- a. Roturas transversales al eje de la calzada por concepto de atravesos.
- b. Integrar Oficio Ord. 7811, 20/10/11)??????????
- c. Ensanches de calzadas de ancho inferior o igual a 1 m.

**Tabla 1.6.1**

Cartilla de Diseño en Hormigón para Rotura y Reposición de Pavimentos

ESPESOR DE PAVIMENTOS DE HORMIGON [mm]								
TIPO DE VÍA	TRÁNSITO	CAPA	RESISTENCIA	CBR SUBRASANTE (%)				
				≤ 3	4-7	8-12	13 - 19	≥ 20
PASAJE	≤ 50.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	200	180	170	170	170
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
LOCAL	≤ 200.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	220	200	180	180	180
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
SERVICIO	≤ 1.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	240	220	210	210	210
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
COLECTORA	≤ 3.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	270	250	250	250	240
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210
TRONCAL	≤ 10.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	320	310	310	310	300
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210
EXPRESA	≤ 20.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	360	360	350	350	340
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210

Notas:

- (1) Hormigón Resistencia media a la flexotracción de 50 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- (2) Base CBR >= 60%.
- (3) En caso de existir napa de agua subterránea, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos adicionales que estime conveniente.
- (4) En casos de suelos expansivos, en el mejoramiento del terreno el proyectista deberá proponer los diseños constructivos adicionales que estime conveniente.
- (5) Espesores expresados en mm

Conjuntamente con el diseño estructural los proyectos de rotura y reposición de obras de pavimentos se deben seguir las siguientes especificaciones para pavimentos de hormigón y asfalto:

- a. En pavimentos de hormigón, el ancho mínimo a reponer será de 2 m.
- b. En pavimentos de asfalto, el ancho mínimo a demoler y rehacer corresponderá a 5m, independiente que sea en asfalto convencional o modificado.
- c. La distancia máxima entre intervenciones será de 5 m, en caso contrario debe considerar demoler y rehacer toda el área comprometida.
- d. Si la ventana que se habilite para intervenir una tubería afecta ambas pistas de la calzada, se deberá considerar la demolición entre soleras y reposición de éstas.
- e. Si la ventana que se habilite para intervenir una tubería afecta una sola pista, se debe demoler media calzada, reponer soleras e inducir la junta, cumpliendo con lo establecido en el punto a).
- f. La extracción y recolocación de soleras es completa para los paños intervenidos y se debe reemplazar las soleras dañadas o en mal estado.

- g. El equipo mínimo para compactar materiales no aglomerados debe ser rodillo vibratorio liso de peso estático mínimo 2 Toneladas.
- h. La densidad de compactación debe ser igual o superior al 95 % de la D.M.C.S. del Proctor Modificado para cada capa y se medirá a través del ensayo del cono de arena, o en su defecto mediante densímetro nuclear con previa autorización del inspector fiscal.
- i. El corte de las ventanas se deberá hacer con equipos mecánicos que contemplen disco de corte.
- j. Las cámaras que se intercepten con la obra, deben quedar a nivel con la nueva rasante.
- k. Respecto a la colocación de las tuberías, éstas deberán ser ubicadas a una profundidad superior a 1.2 m medidos desde la clave de la tubería a la rasante. Excepcionalmente y en casos justificados, si las tuberías ubicadas se encuentran a una profundidad inferior a 1.2 m de la clave, se debe reforzar la tubería de acuerdo a un proyecto estructural a desarrollar en cada caso o de acuerdo a los detalles tipo publicados en la página web de la Subdirección.
- l. Si en obras se socava o daña el pavimento que no está en el proyecto de rotura, deberá reponerse con el diseño aprobado en el proyecto, utilizando las mismas indicaciones de esta guía.

## 1.7 AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS

La auscultación de pavimentos consiste en la evaluación del estado actual de un pavimento, identificando sus características estructurales y funcionales.

Estas metodologías son de utilidad tanto para la recepción de una calzada como para proyectar y evaluar conservaciones tomando la mejor decisión posible con el fin de aumentar la vida útil del pavimento.

### 1.7.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA

Conocer las características estructurales de los pavimentos es una necesidad tanto durante la etapa de construcción, como de operación de un camino. Durante la construcción es necesario saber si la estructura que se está construyendo cumple con las especificaciones indicadas por el diseñador. Durante la operación, la capacidad estructural de los pavimentos es importante para estimar vida remanente de éstos, y al mismo tiempo para definir eventuales acciones de rehabilitación.

La velocidad con que es posible evaluar el pavimento con equipos como el Deflectómetro de impacto clase 1 presenta la gran ventaja de poder realizar un gran número de evaluaciones evitando el cierre prolongado al tránsito y el costo de reposición que requieren los métodos destructivos para evaluar la misma cantidad de puntos.

El uso de un Deflectómetro de impacto clase 1 permite determinar la cuenca de deflexión causada por una carga controlada, con una exactitud y resolución superior a otros métodos de ensayo existentes. Este equipo produce una carga de impulso dinámico la cual simula la carga de la rueda en movimiento en lugar de una carga estática, semi-estática o vibratoria.

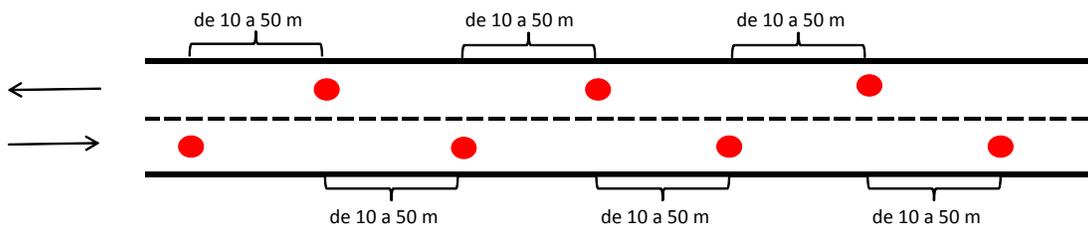
Los datos generados por estos ensayos, combinados con los espesores de las capas, pueden ser usados para obtener módulos de Elasticidad, de la estructura de un pavimento. Esta información puede, a la vez,

ser usada en un análisis estructural para determinar la capacidad portante, estimar vida remanente y calcular los requisitos de un recubrimiento, en caso de ser aplicable.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

### 1.7.1.1 Pavimentos Flexibles

Se realizara un ensayo cada 30 metros por calzada, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.



**Figura 1.7.1**

Ubicación Tipo de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Pavimentos Flexibles

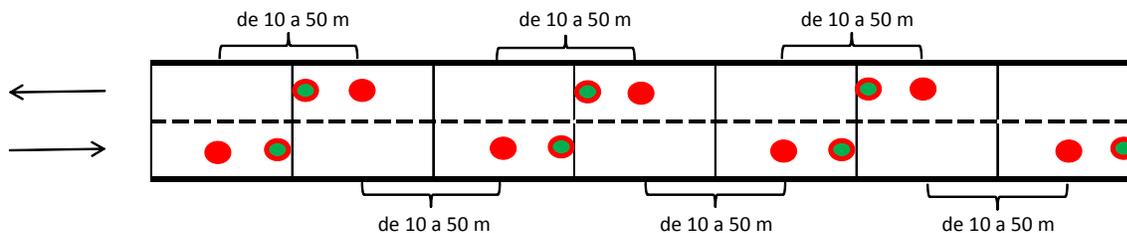
Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Coeficiente de corrección (C) utilizado para el cálculo del Módulo Resiliente (MR).
- Solo para vías colectoras, troncales y metropolitanas; se solicitara cálculo de vida remanente, para cada ensayo evaluado.
- Módulo Resiliente (MR) para cada ensayo evaluado, en Mpa.
- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado.
- Número Estructural (Ne), para cada ensayo evaluado.
- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

### 1.7.1.2 Pavimento Rígido

Se realizara un ensayo cada 30 metros por calzada, en el centro de losa, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.

- : Evaluación en Centro de Losa
- : Evaluación en borde de losa. Esta se debe realizar en la losa donde se haya evaluado el centro de losa.



**Figura 1.7.2**

Ubicación Tipo de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Pavimentos Rígidos

Se realizara un ensayo de transferencia de carga en el borde de cada losa evaluada en su centro. Requiriendo transferencias de carga mínimas del 60%. Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU..
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Coeficiente de corrección (B) utilizado para el cálculo del Módulo de Reacción (K).
- Solo para vías colectoras, troncales y metropolitanas; se solicitara cálculo de vida remanente, para cada ensayo evaluado.
- Módulo de Reacción (K) para cada ensayo evaluado en centro de losa, en Mpa/m.
- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado en centro de losa.
- Porcentaje de transferencia de carga (TC), para cada ensayo evaluado en borde de losa.
- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

### 1.7.1.3 Capas Granulares

En este caso se podrá considerar además el uso de deflectometro de impacto manual como el de la figura X.



Figura 1.7.3

Se realizara un ensayo cada 30 metros por calzada, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.

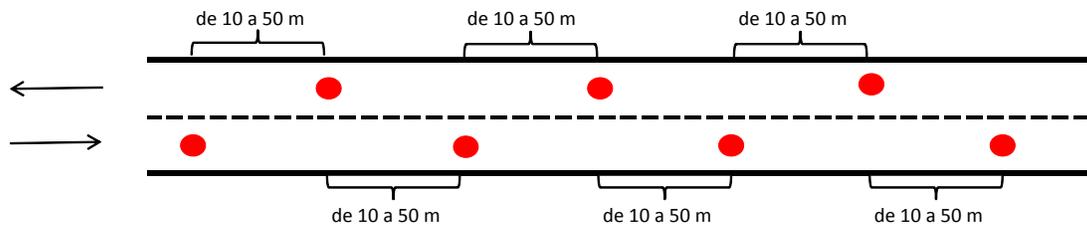


Figura 1.7.4

Ubicación Tipo de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Capas Granulares

Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado.
- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

**1.7.2 PROSPECCIÓN CON GEO-RADAR (GPR)**

Un sistema de Radar incluye un radio transmisor y un receptor, los cuales van conectados a un par de antenas acopladas al terreno. La señal transmitida penetra una corta distancia dentro del terreno y algunas de estas son reflejadas ante cualquier objeto con distintas propiedades eléctricas a las del medio por donde se desplaza. Así un tubo plástico y un espacio vacío tendrán diferente comportamiento ante la señal. La señal de radio reflejada en un objeto inmerso en el terreno llega con un retardo.

Mediante metodologías geofísicas no destructivas para la determinación de interferencias, se busca determinar la existencia de posibles oquedades que puedan ocasionar, baches en superficie o deformaciones en la calzada de las vías auscultadas; además se deberán determinar interferencias existentes en el subsuelo, como por ejemplo, cañerías, canalizaciones, cables, instalaciones de agua, gas, etc.

De acuerdo a la frecuencia con que la antena envía la señal es la capacidad que tiene esta para penetrar el subsuelo según se especifica en tabla 3.2

**Tabla 3.2 Relación entre la frecuencia y la capacidad de Penetración de la antena**

Frecuencia de la Antena	Profundidad de penetración (m)
100 MHz	5.0
200 MHz	3.0 – 4.0
400 MHz	2.0 – 3.0
600 MHz	1.5 – 2.0
1600 MHz	0.5 – 1.0

TESIS VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPR, COMO MÉTODO DE INSPECCIÓN DEL SERVIU EN INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS DE TUBERÍAS U OTROS SERVICIOS - UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA – SANTIAGO 2005

Las antenas de menor frecuencia, del rango de los 100 a 500 MHz, logran penetrar profundidades del orden del metro, sin embargo, la onda reflejada no llega con tanta precisión a la antena receptora debido a que se ve modificada por el trayecto que esta debe recorrer y al tipo de suelo que atraviesa. En cambio, las antenas de mayor frecuencia (600 MHz y más) son más cortas en duración y solo penetran en el subsuelo en el orden del centímetro, pero la precisión de la onda reflejada es mayor, debido a que el tramo recorrido es menor y sufre menos alteración en su viaje a la antena receptora.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

### 1.7.3 COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (CRD)

La superficie de la capa debe presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones. El coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido con el Péndulo Británico según NLT-175, o equipo Griptester, se recomienda sea superior a 0,6.

Se medirá por pista y en caso de emplear péndulo, se determinara a distancias máximas de 50 m y se contara al menos con 2 mediciones por pista.

Se podrá optar por mejorar el coeficiente CRD mediante cepillado que cubra el 100% de la superficie del pavimento, cuando esta tiene menos de una cuadra y de al menos una cuadra para proyectos de mayor longitud.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

#### 1.7.3.1 PÉNDULO BRITÁNICO COMO INSTRUMENTO DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Uno de los equipos de laboratorio más conocidos para la medición del coeficiente de fricción o también llamada resistencia al resbalamiento, es el "British Portable Tester" o Péndulo Británico, desarrollado por el "British Road Research Laboratory". Este consiste en un patín de goma sujeto a la cabeza de un péndulo, esta cabeza es soltada desde una altura prefijada, deslizando sobre la superficie bajo estudio.

El principio de funcionamiento se basa, en la energía que absorbe el patín de caucho debido al frotamiento. Una masa pendular  $M$  cae desde una altura  $H$  arrastrando un patín de caucho, que viene a frotar bajo su carrera, sobre un largo  $L$  de la superficie a estudiar, después sube bajo el efecto de su energía residual a una altura  $h$ . La energía potencial de partida es  $M \cdot H$ , la energía residual después del frotamiento es  $M \cdot h$ , y la energía absorbida por el frotamiento es la diferencia de estos valores, siendo  $M \cdot (H - h)$ . La energía absorbida por el frotamiento, depende del coeficiente de roce  $K$ , de la superficie ensayada, de la presión  $P$  ejercida por el patín de caucho sobre esta superficie y del largo del frotamiento  $L$ .

El método de ensayo esta descrito en el estándar ASTM E 303 y los resultados son informados en BPN (British Pendulum Number)

Mientras mayor fricción exista entre el patín y la superficie del pavimento, mayor será la pérdida de altura del balanceo del péndulo y mayor será la lectura del BPN.

Sus características principales son:

- Puede ser utilizado tanto en laboratorio como en terreno.
- Utiliza un péndulo con un patín de goma cargado con un resorte.
- El péndulo cae y el patín desliza sobre la superficie a medir. Determinando una medida de fricción.
- Los resultados son informados como "British Pendulum Number" (BPN), registrados según el estándar, ASTM E 303

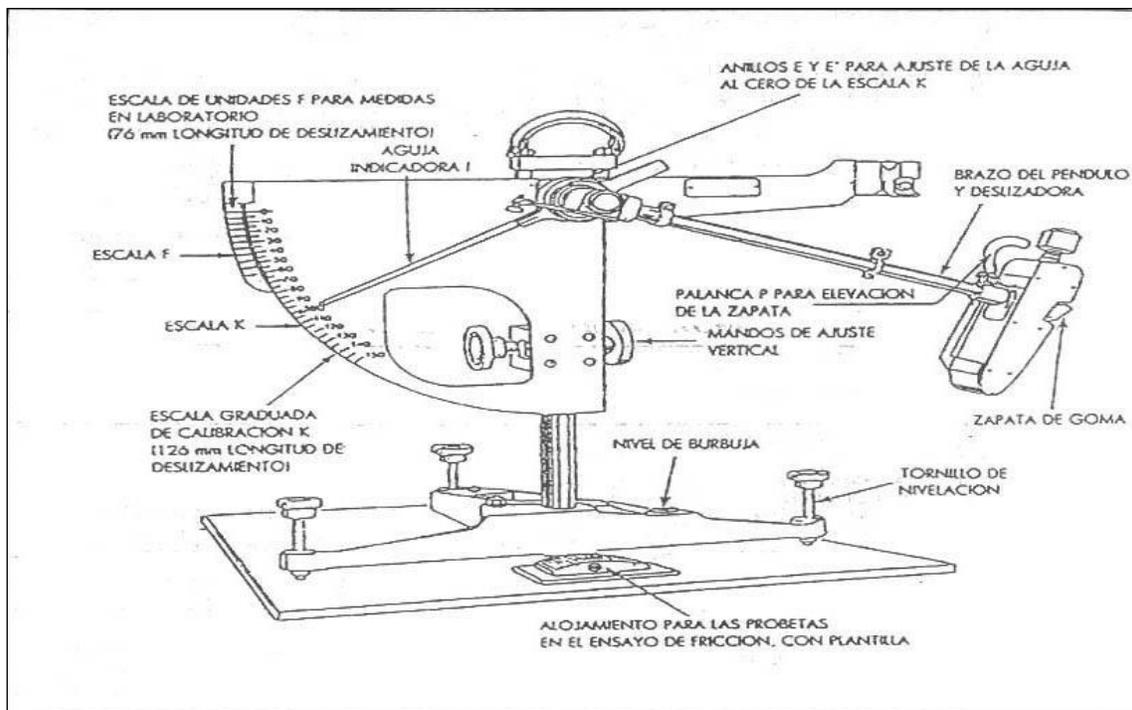


Figura 6 Péndulo Británico

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

### 1.7.3.2 EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO MEDIANTE EQUIPO GRIP TESTER

La medición de fricción se podrá realizar mediante el equipo denominado GripTester (ver Figura 26), cuyas principales características son las siguientes:

- Equipo de auscultación de pavimentos para la obtención de la Resistencia al Deslizamiento.
- Mediante un neumático de goma lisa normalizada se mide la resistencia al deslizamiento, con rueda bloqueada al 14.5%, sobre el pavimento mojado (0,25 mm de película de agua).
- Los ensayos se realizan en continuo con el equipo remolcado por un vehículo dotado con un depósito de agua de 1,000 litros.
- Velocidad de ensayo de 6 km/h a 130 km/h.
- Velocidad normal para carreteras 50 km/h.
- Los resultados se presentan en listados y gráficos definidos por el usuario.

A través de la auscultación realizada con este equipo se puede obtener la Resistencia al Deslizamiento longitudinal definida por el índice "GripNumber" (GN) entre 0 y 100 km/h.



Figura GripTester

La evaluación realizada con GripTester fue transformada a valor SCRIM Equivalente a través de la Ecuación 1, de acuerdo con la metodología propuesta en el documento "Procedimiento de Homologación de Medidas de Resistencia al Deslizamiento y MacroTextura. Documento Técnico TM-021-07". Pontificia Universidad Católica de Chile, Echaveguren, T et al (28 de noviembre de 2007).

$$SFC = 0.25 + 0.883 \cdot GN \quad (\text{Ec } 1)$$

Dónde:

SFC: Sideways Force Coefficient, valor de resistencia al deslizamiento medido con SCRIM.

GN: GripNumber, valor de resistencia al deslizamiento medido con GripTester

Los intervalos de validez para los parámetros de homologación utilizados en la Ecuación 1 se presentan a continuación:

- Grip Number :  $0.20 < GN < 0.61$
- Coeficiente SCRIM :  $30 < SC < 70$
- Perfilómetro de Referencia :  $0.2 < SMTDr < 1 \text{ mm}$

Los valores GripNumber mayores a 0.61 no se aplicará la Ecuación 1, se mantendrán los valores obtenidos con GripTester para definir el valor de Scrim Equivalente.

Es importante señalar que la medición de fricción posee condiciones que pueden hacer variar los datos obtenidos entre una y otra toma de datos, tales son por ejemplo: humedad, temperatura, velocidad de medición, equipos de medición, etc.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

#### 1.7.4 MEDICIÓN DE REGULARIDAD DEL PAVIMENTO

Existen distintos métodos para la medición de la regularidad superficial, pero básicamente han sido agrupadas en cuatro categorías según la clasificación del Banco Mundial (Sayers et al; 1986). Estas categorías responden básicamente a la precisión con la que se obtiene el IRI. La Clase 1 corresponde a los perfiles de precisión que son los más exactos. En tanto, la clase 2 corresponde a métodos que no cumplen con la exactitud exigida para la Clase 1 pero que, al igual que la Clase 1, se basan en el cálculo del IRI por la medición directa del perfil longitudinal. En tanto, los métodos de Clase 3 son los que utilizan correlaciones para determinar el IRI. Finalmente, la Clase 4 corresponde a valoraciones subjetivas o mediciones sin calibrar que podrían adoptarse para estimaciones preliminares o por restricciones económicas de los proyectos.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

##### 1.7.4.1 Medición del IRI con MERLIN

El MERLIN, llamado así por el acrónimo de Machine for Evaluation Roughness using Low-Cost Instrumentation es un instrumento de simple confección y bajo costo que fue diseñado para medir las deformaciones superficiales del perfil longitudinal del camino. Corresponde a un instrumento perteneciente a la Clase 3 establecida por el Banco mundial en el documento "Technical Paper Number 45", dado que sus mediciones generan un valor que mediante ecuaciones de correlación entregan el IRI. El instrumento básicamente consta de un marco metálico de 1.8 m de longitud con una rueda en la parte delantera. La estructura metálica está formada por dos barras verticales y una horizontal, además posee un apoyo fijo en la parte trasera. La barra vertical central es un apoyo oscilante con la que se mide la desviación de la cota respecto a la rasante que establecen los otros dos puntos de apoyo (ver figura). Asimismo, desde la parte inferior de la barra central se proyecta un brazo inclinado que en su parte superior termina en un indicador que se desliza sobre un tablero, el que registra la posición que adopta un patín en cada punto de medición.



Figura MERLIN

El procedimiento que se utilizará para determinar la rugosidad de un tramo recto será tomar 20 mediciones en intervalos regulares de 20 metros, es decir una por cada un metro. El MERLIN debe ser apoyado en cada punto para tomar la medición, así en cada detención el operador debe registrar la

posición del indicador en el tablero donde existe una hoja cuadrículada de 5mm de lado para ello, de esta forma se registran marcando con una cruz todas las lecturas, generando con esto la distribución de frecuencias de las 20 lecturas (ver figura 2). Posteriormente, se debe marcar la posición en la hoja cuadrícula que contenga la décima y undécima cruz, esto contando desde cada extremo de la distribución (arriba y abajo) tomando como punto de partida la primer cruz marcada. Este procedimiento permite descartar el 10% de los datos que corresponden a mediciones o posiciones no respresentaivas, eliminado 5% del extremo superior y 5% del extremo inferior. En ocasiones podría ser necesario interpolar para encontrar la posición exacta que contenga la medición 10, este caso se produciría cuando la fila que contiene la medición 10 también posee otras mediciones, por lo tanto se debe dividir la celda o el lado de 5 mm proporcionalmente a la cantidad de mediciones.

Finalmente, el espacio entre las dos marcas "D" contabiliza las unidades de cuadrículas o ancho del histograma, este valor debe ser pasado a milímetros multiplicando la cantidad de unidades por 5, ya que cada cuadrícula corresponde a 5mm, así se obtiene la medida de la rugosidad "D" del pavimento medida en escala del MERLIN.

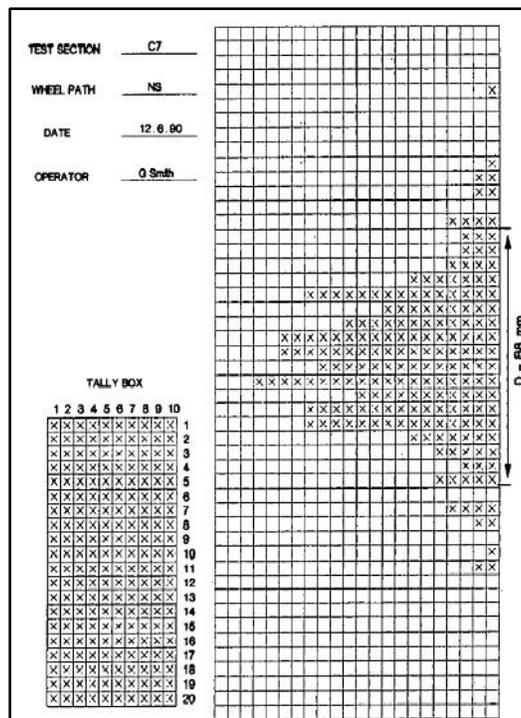


Figura 2. Hoja de medición típica con MERLIN – The MERLIN low-cost road roughness measuring device; Cundill

Al tratarse de un equipo clase 4, se sugieren las siguientes correlaciones para la estimación del IRI por el método MERLIN (De Solminihac et al, 2003):

$$IRI = 0.4718 + 0.0585 \cdot D$$

IRI en m/km y D en mm en esca de MERLIN

Válido para  $25 < D < 140$  ( $1.9 < IRI < 9.3$ )

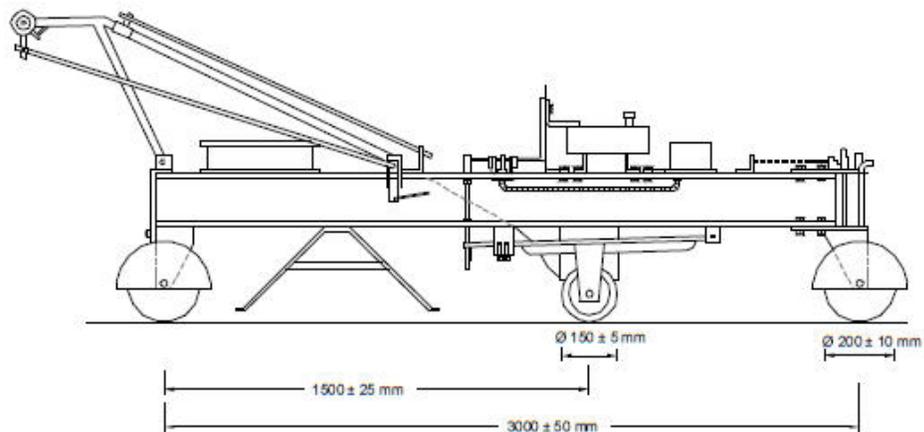
#### 1.7.4.2 Lisura (HIGH-LOW)

Este equipo podrá ser usado solo para las obras que tengan una longitud inferior a 500m y con categoría de vías locales y de servicio.

El Detector Hi-Lo es una regla rodante, conformada por una viga metálica indeformable que se apoya sobre tres ruedas. Al trasladar el instrumento, la rueda dispuesta al centro de la viga y que es la rueda detectora, experimenta desplazamientos verticales debido a las irregularidades (altos y bajos) de la superficie; estas variaciones son amplificadas sobre un cuadrante montado en el centro del equipo, que incluye una escala graduada al milímetro y un rango de  $\pm 10$  mm. Las magnitudes de las irregularidades del pavimento pueden leerse directamente en dicha escala.

Antes de iniciar la operación de control de las irregularidades superficiales de un pavimento, debe comprobarse que el instrumento se encuentra calibrado, que el pavimento se encuentra limpio y libre de suciedades que puedan alterar las lecturas del equipo.

Para operar el equipo empuje en dirección predominantemente paralela al eje del camino, a una velocidad de caminata normal y procurando que la rueda detectora no salte. Esta rueda es la que da la posición del equipo, por lo que es necesario tener presente que en todo momento las tres ruedas deben encontrarse dentro de los límites del pavimento por controlar.



Será responsabilidad del Contratista, a través de su autocontrol, verificar la lisura del pavimento tan pronto sea posible tras su construcción. Sólo cuando la I.T.O. lo autorice podrá hacerse correcciones de lisura posteriores; en todo caso, de ser autorizadas, estas correcciones podrán incluir rebajes de puntos altos de hasta 5 mm, cuando ello no signifique un espesor resultante inferior al contratado. Además tendrá que restituirse el texturado de la superficie pulida.

### 1.7.4.3 Rugosidad de los pavimentos mediante perfilometro laser

Este equipo podrá ser usado solo para las obras que tengan una longitud superior a 500m.

El Método describe el procedimiento para determinar la rugosidad superficial (irregularidades de la superficie) de pavimentos asfálticos, de hormigón, tratamientos superficiales y eventualmente, de otros tipos de capas de rodadura, expresada mediante el indicador IRI (International Roughness Index).

Se deberá considerar un equipo clase 1, de acuerdo a la norma ASTM E 950, el cual es capaz de medir en forma continua ambas huellas sin interrumpir la circulación del tránsito.

Para la medición específica en vías urbanas se solicitará contar con tecnología "Pare y Siga", la cual permite realizar mediciones de IRI a cualquier velocidad del tránsito vehicular, con esto se pueden realizar mediciones en intersecciones semaforizadas, tramos cortos y cualquier lugar donde es difícil alcanzar una velocidad adecuada o en los casos donde no se dispone de un tramo previo de aceleración.

Una vez registrado el perfil se calcula el Índice de Regularidad Internacional (IRI) en m/km, a través de un procedimiento estándar para secciones de longitud previamente establecidas. Luego se identifican las singularidades del camino tales como los badenes, cambios de pavimento u otras singularidades que afectan la medición, las que no se consideran para efectos de la evaluación.

### 1.7.5 INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS

El objetivo de la inspección en caminos pavimentados es recoger en terreno el valor de ciertos parámetros observables y/o medibles de la calzada.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

#### 1.7.5.1 Agrietamiento en pavimentos asfálticos

Los diversos tipos de agrietamientos son clasificados en grietas angostas y anchas. A continuación se definen y se señala la forma de medir cada uno de los distintos tipos de agrietamiento que comúnmente se manifiestan en los pavimentos asfálticos.

##### 1.7.5.1.1 Grieta Estructural (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Estructural Lineal Angosta

Deterioro del pavimento asfáltico caracterizada por hendiduras de abertura menor o igual a 3 mm. Este deterioro de la carpeta sigue un sentido bien definido, asimilando una línea recta.

- Grieta Estructural Lineal Ancha

Deterioro del pavimento asfáltico caracterizada por hendiduras de abertura superior a 3 mm. Este deterioro es una evolución de las grietas estructurales lineales angostas.



Foto N°1: Grieta Estructural Lineal

- Grieta Estructural Tipo Piel de Cocodrilo Angosta

Son grietas de ancho menor o igual a 3 mm, interconectadas o enlazadas que forman una serie de polígonos que semejan una piel de cocodrilo o malla de gallinero. Son ocasionadas por deflexiones excesivas de la carpeta de rodadura al estar apoyada sobre una base o sub-base mal compactada o saturada

- Grieta Estructural Tipo Piel Cocodrilo Ancha

Estas grietas, son la evolución del deterioro de las grietas cocodrilo angostas. El ancho de estas grietas es mayor a 3 mm.



Foto N°1: Grieta Tipo Piel de Cocodrilo

## 1.7.5.1.2 Grietas Térmicas (Criterio Grietas Anchas)

- Grietas Térmicas Angostas

Son grietas de ancho menor o igual a 3 mm, producidas por los cambios volumétricos de la mezcla asfáltica al experimentar sucesivas contracciones y dilataciones producto del gradiente térmico de la zona climática

- Grietas Térmicas Anchas

Estas grietas son la evolución de las grietas térmicas angostas. El ancho de estas grietas es mayor a los 3 mm.



Foto N°1: Grieta Térmica

#### 1.7.5.1.3 Grieta Longitudinal (Criterio de Severidad)

Fisuras y grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada, de preferencia, localizadas dentro de las huellas por donde circula la mayor parte del tránsito; también pueden coincidir con el eje de la calzada.

- Baja Severidad: Ancho de la fisura  $< 3$  mm o grieta sellada y en buenas condiciones, tal que no se pueda establecer su ancho original.
- Media Severidad:  $3 \text{ mm} \leq$  ancho grieta  $\leq 20$  mm o cualquier grieta de ancho medio  $\leq 20$  mm y rodeada por grietas de baja severidad.
- Alta Severidad: Ancho grieta  $> 20$  mm o cualquier grieta de ancho medio  $\leq 20$  mm y rodeada por grietas de media o alta severidad.

#### 1.7.5.1.4 Grieta Transversal (Criterio de Severidad)

Fisuras y grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada, en carpetas que no recubren pavimentos de hormigón o base tratada con cemento.

- Baja Severidad: Fisuras no selladas de ancho medio  $< 3$  mm o grietas selladas en buen estado que impiden determinar el ancho.
- Media Severidad:  $3 \text{ mm} \leq$  ancho medio de la grieta  $\leq 20$  mm o grietas de ancho medio  $\leq 20$  mm rodeadas por grietas de severidad baja.

- Alta Severidad: Ancho medio de grietas  $> 20$  mm o grietas de ancho medio  $\leq 20$  mm rodeadas de grietas de severidad media y alta.

#### 1.7.5.1.5 Grieta Piel de Cocodrilo (Criterio de Severidad)

Normalmente son una serie de fisuras y grietas interconectadas entre sí y que se encuentran en fase inicial de desarrollo.

Forman muchos trozos de ángulos agudos, los que en etapas avanzadas del deterioro forman una "malla de gallinero" o "piel de cocodrilo".

Ocurren con más frecuencia en las zonas del pavimento que reciben la mayor parte de las solicitaciones.

- Baja Severidad: La gran mayoría de las fisuras del área deteriorada tienen un ancho  $< 3$  mm, no se interconectan entre sí, no presentan saltaduras y no han sido selladas; no hay evidencia de surgencia de finos desde la base.
- Media Severidad: Existe un patrón definido de agrietamiento; las grietas pueden presentar algún grado de saltaduras en los bordes, pueden haber sido selladas; no hay evidencias de surgencia de finos desde la base.
- Alta Severidad: Agrietamiento con bordes saltados, de severidad media a alta, que forman un patrón bien definido; los trozos pueden experimentar movimientos al pasar los vehículos; las grietas pueden haber sido selladas, a veces hay evidencias de surgencia de finos desde la base.

#### 1.7.5.2 Agrietamiento en pavimentos de hormigón

Se define como el quiebre de la carpeta de rodadura de un pavimento que al desarrollarse completamente lo atraviesa en toda su extensión, fraccionando la losa en trozos.

##### 1.7.5.2.1 Grieta Longitudinal (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Longitudinal Angosta Se extiende aproximadamente paralela al eje longitudinal del pavimento y generalmente por el centro de la losa, su ancho es inferior a 10 mm.
- Grieta Longitudinal Media Esta tipo de grieta, es la evolución de las grietas longitudinales angostas. Su ancho se encuentra en el rango de 10 a 100 mm.
- Grieta Longitudinal Ancha Es la progresión de las grietas longitudinales medias y su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Longitudinal

## 1.7.5.2.2 Grieta Transversal (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Transversal Angosta Se extiende aproximadamente perpendicular al eje longitudinal del camino y generalmente dentro del tercio central de la losa, su ancho es inferior a los 10 mm.
- Grieta Transversal Media Es la evolución de las grietas transversales angostas, su ancho se encuentra en el rango de los 10 a 100 mm.
- Grieta Transversal Ancha Es la progresión de las grietas medias, su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Transversal

## 1.7.5.2.3 Grieta esquina (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Esquina Angosta Esta grieta se extiende uniendo la junta transversal con la junta longitudinal o unión solera-losa, o entre grietas y juntas pero en dirección oblicua. Su ancho es menor a los 10 mm.

- Grieta Esquina Media Es la evolución de las grietas esquina angosta, su ancho se encuentra en el rango de los 10 a 100 mm.
- Grieta Esquina Ancha Es la progresión de las grietas esquina medias, su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Esquina

#### 1.7.5.2.4 Grieta Longitudinal (Criterio de Severidad)

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero cuya intersección se produce a una distancia mucho mayor que la mitad del ancho de la losa.

- Baja Severidad: grietas de ancho  $< 3$  mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien selladas.
- Media Severidad:  $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 10 \text{ mm}$ . o con saltadura de ancho  $< 50$  mm. o escalonamiento  $< 15$  mm.
- Alta Severidad: ancho grieta  $> 10$  mm. o saltaduras de ancho  $\geq 50$  mm. o escalonamiento  $\geq 15$  mm.

Las grietas bien selladas son aquellas con sellos hechos de manera tal que no se pueda determinar el ancho de la grieta original.

#### 1.7.5.2.5 Grieta Transversal (Criterio de Severidad)

Grietas predominantemente perpendicular al eje de la calzada. También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa.

- Baja Severidad: grietas de ancho  $< 3$  mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien selladas.

- Media Severidad:  $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 6 \text{ mm}$ . o con saltaduras de ancho  $< 50 \text{ mm}$ . o escalonamiento  $< 6 \text{ mm}$ .
- Alta Severidad: ancho grieta  $> 6 \text{ mm}$ . o saltaduras de ancho  $\geq 50 \text{ mm}$ . o escalonamiento  $\geq 6 \text{ mm}$ .

#### 1.7.5.2.6 Grieta Esquina (Criterio de Severidad)

Esta grieta se extiende uniendo la junta transversal con la junta longitudinal o unión solera-losa, o entre grietas y juntas pero en dirección oblicua

- Baja Severidad: grietas de ancho  $< 3 \text{ mm}$ , sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien sellada.
- Media Severidad:  $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 6 \text{ mm}$ . o con saltaduras de ancho  $< 50 \text{ mm}$ . o escalonamiento  $< 6 \text{ mm}$ .
- Alta Severidad: ancho grieta  $> 6 \text{ mm}$ . o saltaduras de ancho  $\geq 50 \text{ mm}$ . o escalonamiento  $\geq 6 \text{ mm}$ .

#### 1.7.5.2.7 Saltadura de Grietas

Por saltadura se entiende al desprendimiento aislado de fragmentos en las juntas de las losas o en las grietas, con una dimensión superior a los 50 mm de ancho, medido perpendicularmente al eje de la grieta.



Foto N°1: Saltadura de grieta

<b>2</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>3</b>
2.1.1	ALCANCE	3
2.1.2	MARCO LEGAL	4
<b>2.2</b>	<b>EJE DE REPLANTEO</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>ALINEAMIENTO HORIZONTAL</b>	<b>5</b>
2.3.1	ALINEACIONES RECTAS	5
2.3.1.1	Parámetros de Diseño	5
2.3.2	CURVAS CIRCULARES	6
2.3.2.1	Elementos de la Curva Horizontal	6
2.3.2.2	Parámetros de Diseño	7
2.3.2.3	Criterios de Diseño	9
2.3.3	CLOTOIDES	12
2.3.3.1	Ventajas del Uso de la Clotoide	12
2.3.3.2	Elección de la Clotoide	12
2.3.3.3	Verificación por Transición de Peraltes	13
2.3.3.4	Condición Visual y Estética	13
2.3.3.5	Configuraciones	13
<b>2.4</b>	<b>ALINEAMIENTO VERTICAL</b>	<b>15</b>
2.4.1	PERFIL LONGITUDINAL	15
2.4.2	ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL	15
2.4.3	PARÁMETROS DE DISEÑO	16
2.4.3.1	Pendientes verticales máximas admisibles	16
2.4.3.2	Pendientes verticales mínimas	17
2.4.3.3	Enlace de Rasantes	17
2.4.3.4	Longitudes Mínimas de Curvas Verticales	18
2.4.4	PERALTES	18
2.4.4.1	Generalidades	18
2.4.4.2	Pendiente Relativa de Borde	18
2.4.4.3	Longitudes para transición de peraltes	19
2.4.4.4	Proporción de peralte a Desarrollar en recta	21
2.4.4.5	Transiciones cuando no existen Clotoides	21
2.4.4.6	Transiciones con Clotoides	22

<b>2.5 ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL</b>	<b>23</b>
2.5.1 CALZADAS	23
2.5.1.1 Modificaciones de Ancho de Calzadas	24
2.5.2 GÁLIBOS	25
2.5.3 BANDEJONES Y MEDIANAS	26
2.5.4 BANDAS DE ESTACIONAMIENTO	26
2.5.4.1 Aparición y desaparición de bandas de estacionamiento	28
2.5.4.2 Estacionamiento Segregado	29
2.5.5 INTERSECCIONES	30
2.5.5.1 Antecedentes para el diseño	30
2.5.5.2 Principios de diseño	30
2.5.5.3 Tipos de Intersecciones	31
2.5.5.4 Definición en planta de una Intersección	31

## 2 DISEÑO GEOMÉTRICO

### 2.1 GENERALIDADES

El presente documento hace referencia al análisis de elementos geométricos necesarios para la realización de un proyecto de vialidad urbana, considerando aspectos de alineamiento horizontal, vertical y sección transversal.

Este capítulo ha sido realizado utilizando el Manual de Vialidad Urbana: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU), y pretende ser un fiel reflejo de lo que este documento indica, sin embargo se han adaptado todos los parámetros para una velocidad máxima de 60 km/h, correspondiente a las vías urbanas en Región Metropolitana.

#### 2.1.1 Alcance

En la actualidad, es indispensable que una vía se desarrolle utilizando los requerimientos de todos los actores de la sociedad, y por lo tanto, se hace necesario complementar los parámetros de diseño en calzada con otros elementos que componen una vía urbana: aceras y ciclovías.

El capítulo de Diseño Geométrico está enfocado principalmente en diseño en calzada, por lo que se invita al lector a revisar los capítulos de diseño de otros elementos con el fin de complementar y generar una vía óptima para todos los usuarios.

Para los elementos en aceras, se debe revisar el Capítulo 3 correspondiente a Diseño Universal. Y para el Diseño y Ejecución de Ciclovías, se debe revisar el Capítulo 4.

Los conceptos y parámetros definidos en el presente Manual serán de aplicación obligatoria, para todos aquellos proyectos u obras de vialidad urbana que sean de tuición SERVIU Metropolitano.

De acuerdo al Artículo 2.3.8 bis de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo definirán los proyectos viales que deban ser ejecutados por los Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIU), estableciendo, entre otras características: el trazado, los perfiles geométricos, el número de pistas, cruces, enlaces o elementos de canalización de tránsito. Las características a que se refiere el inciso anterior podrán también ser definidas por los Municipios o por los particulares, tratándose de vías cuya ejecución les compete o están facultados para ejecutar, respectivamente, debiendo en todo caso, estar de acuerdo con las disposiciones establecidas en la presente Ordenanza y contar con la aprobación del Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) que corresponda, o del Departamento de Pavimentación de la Municipalidad de Santiago, en su caso.

### 2.1.2 Marco Legal

La normativa vigente para el desarrollo de este capítulo comprende lo siguiente:

- Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU 2009), aprobada por MINVU, según D.S. N° 827, de fecha 05.12.2008, publicado en el Diario Oficial el día 02.01.2009.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones (1975) y sus modificaciones;
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (1992) (OGUC), sus modificaciones y actualizaciones:
- D.S. N° 109, del año 2014, que modifica la OGUC en materia de ciclovías y estacionamientos para bicicletas.

## 2.2 EJE DE REPLANTEO

De acuerdo a REDEVU, una calle es una obra tridimensional cuyos elementos quedan definidos mediante sus proyecciones en tres planos: planta, sección longitudinal y sección transversal.

El Eje de Replanteo corresponde al eje de la vía mediante el cual se generan los ejes en planta y la sección longitudinal (proyecciones en planta y elevación de ejes de la vía).

## 2.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal corresponde al estudio en planta de una vía, definida en torno a uno o más ejes. Los elementos básicos del eje de la vía son: rectas, curvas circulares y clotoides. La sucesión continua de estos elementos forman el eje en planta.

### 2.3.1 Alineaciones Rectas

Una recta es el elemento más utilizado en el diseño, puesto que entrega simplicidad al usuario en la conducción; sin embargo, y debido a las condiciones del entorno, se hace necesario limitar su longitud.

#### 2.3.1.1 Parámetros de Diseño

En una recta se deben determinar dos parámetros: longitud máxima de la recta y longitud mínima.

##### Longitudes Máximas

Con respecto a la longitud máxima no existe una limitación determinada, si no que se da por criterios de espacio y confortabilidad en el usuario. Es posible que una recta conlleve a una conducción monótona que podría traducirse en somnolencia si es que no existen elementos reguladores de velocidad, como intersecciones, semáforos y reductores.

##### Longitudes Mínimas

Las longitudes mínimas se establecen para aquellas rectas que se encuentran entre curvas y dependerá de los sentidos de curvatura de las mismas:

##### **Caso 1: Distinto sentido de curvatura (Curva en "S")**

Si las curvaturas son de distinto sentido, curva en "S", y las inclinaciones transversales son también distintas, lo que ocurre cuando una de ellas o las dos consultan peraltes en vez del bombeo, el mínimo en cuestión será aquel que permita ejecutar la transición del peralte en las condiciones descritas en el párrafo: Transiciones de peralte.

##### **Caso 2: Mismo sentido de curvatura**

Si las curvaturas son del mismo sentido, configuración ovoide, el mínimo será  $L = (V - 10)$  metros, donde  $V$  es la velocidad de diseño desprovista de su dimensión (km/h) y entendida como una cantidad de metros (si  $VD = 60$  km/h,  $L = 60 - 10 = 50$  metros). Esto último para facilitar una clara distinción entre las curvaturas de dicho radio. La pendiente transversal en dicha recta puede ser hasta de un 3,5% a una sola agua, con el fin de simplificar las transiciones que de otro modo serían necesarias.

### 2.3.2 Curvas Circulares

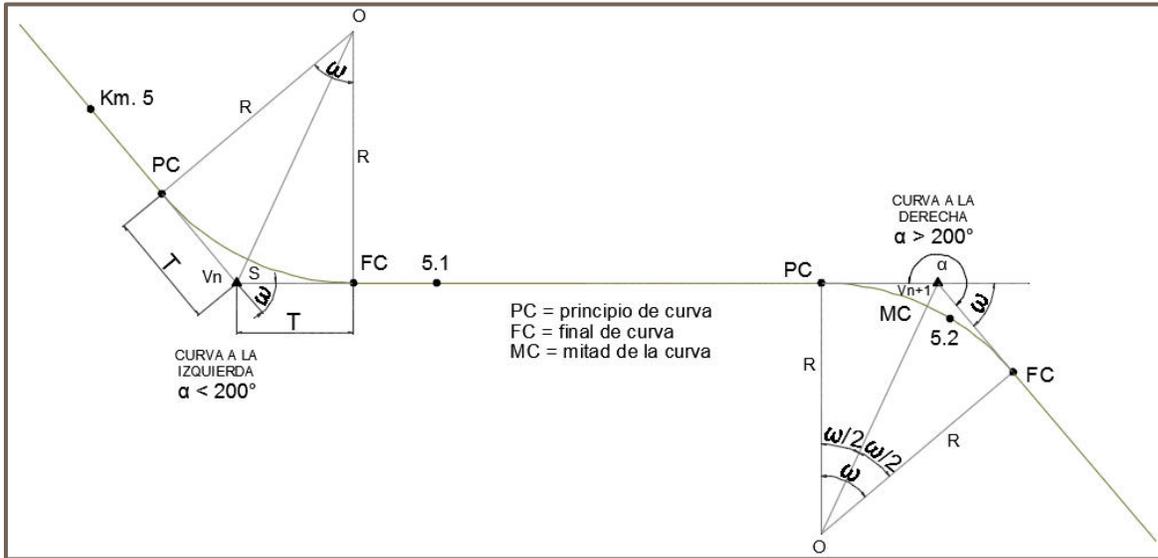
Las curvas son elementos que se utilizan para generar un empalme entre dos rectas. Las curvas están compuestas por varios elementos, que se describen a continuación.

#### 2.3.2.1 Elementos de la Curva Horizontal

**Tabla 2.3.1**

Descripción de Elementos Curva Horizontal

Símbolo	Denominación	Descripción
$V_n$	Vértice	Punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.
$\alpha$	Ángulo entre dos alineaciones	Medido a partir de la alineación de entrada, en el sentido de los punteros del reloj, hasta la alineación de salida.
$\omega$	Ángulo de deflexión	Se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.
<b>R</b>	Radio de Curvatura	Radio del arco de círculo. Medido en metros (m)
<b>T</b>	Tangente	Distancia entre el vértice y los puntos de tangencia del arco del círculo con las alineaciones de entrada y salida. Determina el principio de curva (PC) y el final de curva (FC). Se mide en metros (m).
<b>S</b>	Bisectriz	Distancia desde el vértice al punto medio (MC) del arco del círculo. Se mide en metros (m).
<b>D</b>	Desarrollo	Longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC. Se mide en metros (m).
<b>E</b>	Ensanche	Sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.



**Figura 2.3-1**  
Curva circular y sus elementos.

### 2.3.2.2 Parámetros de Diseño

**Una curva horizontal se proyecta en el caso que  $\omega > 2^g$ . Cuando  $\omega \leq 2^g$  se considera deflexión (condición deseable). Otros casos se deben tratar de manera particular.**

Los parámetros de diseño están determinados en bases a fórmulas que se presentan a continuación.

(1)  $\omega = |\alpha - 200|$

(2)  $T = R \tan \frac{\omega}{2}$

(3)  $S = R (\sec \frac{\omega}{2} - 1)$

(4)  $D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{200} = \frac{R \cdot \omega}{63.662}$

(5)  $E = n \cdot \frac{50}{R}$  ; Necesario si  $R < 200$  m

(6) p ; Según definición de Peralte

El trazado mediante curvas circulares pretende resolver el problema dinámico que se determina a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (p + t)}$$

**Ecuación 2.3.1**  
*El problema dinámico*

- R: Radio mínimo (m)
- V: Velocidad de diseño (km/h)
- p: Peralte máximo (tanto por uno)
- t: Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a la velocidad de diseño V (tanto por uno)

**Coeficiente de Fricción Transversal**

Referido a la capacidad del par neumáticos – pavimento para resistir fuerzas transversales. Depende de la velocidad.

Este coeficiente es una medida de la capacidad del par neumáticos – pavimento para resistir fuerzas transversales sin un desplazamiento en el mismo sentido y depende de la velocidad.

**Tabla 2.3.2**  
Coeficientes de Fricción Transversal Máximos (t)

<b>V (km/h)</b>	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
<b>t (%)</b>	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15

**Inclinación Transversal**

Se pueden distinguir dos inclinaciones transversales: **bombeo** y **peralte**.

El **bombeo** corresponde a una pendiente transversal mínima que debe presentar la calzada para facilitar su drenaje superficial. Dicha pendiente mínima (2% y preferiblemente 2,5%) puede ser constante en todo el ancho de la calzada (bombeo único o “a un agua”) o presentar una discontinuidad en el eje de simetría de la misma, vertiendo una mitad hacia uno de sus bordes y la otra mitad hacia el borde opuesto (bombeo doble o “a dos aguas”).

El **peralte** corresponde a una pendiente transversal constante de una calzada en todo su ancho, que orientada adecuadamente – punto bajo en el interior de la curva – permite una marcha más cómoda a los vehículos, compensa parte de la aceleración centrífuga, quedando el saldo no compensado por cuenta de la fricción entre neumáticos y pavimento.

El valor máximo del peralte se obtiene a través de la velocidad de diseño y considera también la categoría de la vía.

**El peralte máximo aceptado para vías urbanas de tuición SERVIU corresponde a 4%.**

**Relación entre Variables**

La expresión  $\frac{v^2}{127 \cdot (p+t)}$  requiere algunos alcances para su correcta aplicación.

Elegido un peralte máximo, es simple obtener un radio mínimo para una cierta velocidad de diseño, basta considerar dicho peralte y el coeficiente t máximo para la velocidad en cuestión. Pero, por otra parte, es necesario precisar algún criterio para obtener los valores de R que corresponden a peraltes inferiores al máximo.

En definitiva, el problema consiste en determinar alguna relación entre t y p, de tal modo que para el caso de un cierto trazado donde se ha impuesto un peralte máximo al uso de un peralte menor vaya asociado un valor de t también inferior al máximo, todo lo cual se combina en la ecuación fundamental para producir un radio de curvatura mayor.

Las normas de diseño que se aplican en nuestro país, resuelven este problema haciendo  $t = 2p$  ( $t = 3p$  en intersecciones). Ello redundará en trazados donde el conductor que circula a la velocidad de diseño ve compensado un tercio de la aceleración radial por el peralte y los dos tercios restantes por la fricción (un cuarto y tres cuartos, respectivamente, para el caso de las intersecciones).

**2.3.2.3 Criterios de Diseño****Radios Mínimos**

Si se aplican en  $R = \frac{v^2}{127 \cdot (p+t)}$  los coeficientes de fricción transversal máximos para cada velocidad de diseño, y el peralte máximo recomendable, correspondiente a 4%, se tienen tres familias de radios mínimos, que se tabulan a continuación en la Tabla 2.3.3.

Se recuerda que en el caso de aplicarse radios mínimos se considera el papel que juega el ancho de calzada en la situación más desfavorable, que consiste en un vehículo motorizado transitando por una pista interior, la cual presentaría un radio de curvatura menor que el mínimo. Si la diferencia en cuestión supera el 10% del valor del radio de curvatura en el eje, conviene aumentar algo este último, sin reducir el peralte que le correspondía originalmente.

**Tabla 2.3.3**

Radios Mínimos según categoría, con el p máximo deseable

Categoría de Vía (PRMS o PRC)	V (km/h)	Radio mínimo p máx = 4%
SERVICIO	25	15
	30	22
	35	35
	40	50
COLECTORAS	45	65
	50	85
	55	110
	60	135
	65	165
TRONCALES	70	200

**Radios Mínimos con contraperalte**

En muchas vías podrá ser conveniente o necesario mantener el bombeo incluso en curvas, evitando con ello transiciones de peralte, las cuales pueden dificultar y desfigurar la solución altimétrica de los bordes de la calzada y producir problemas de drenaje cuando la pendiente longitudinal es escasa. Esto, que implica un contraperalte, no será posible de ejecutar cuando las curvas en cuestión tengan un radio de curvatura inferior al valor límite que permite un contraperalte de -2,5% para la velocidad de diseño.

**Tabla 2.3.4**

Radios Límites en Contraperalte, en Vías NO EXPRESAS

V (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
RLC (m)	30	50	75	110	160	220	290	370	470	600

Estos valores están de acuerdo a la Tabla 5.01.202 (4) A de REDEVU 2009, y están calculados con un bombeo de 2.5%, pudiendo utilizarse con bombeo de 2.0%.

**Desarrollos mínimos**

Siempre que sea posible, se deberá evitar desarrollos demasiado cortos de la curva circular, ya sea que se trate de radios próximos a los mínimos o de deflexiones pequeñas. Los valores recomendables de dichos desarrollos se presentan en los cuadros que siguen.

**Tabla 2.3.5**

Desarrollo Mínimo de Curvas Circulares (R—mín)

V (km/h)	10	20	30	40	50	60	70
D Mín (m)	3	10	20	30	40	50	65

Las relaciones entre V, R, p, t y A se establecen en la Tabla 5.01.202 (5) de REDEVU 2009.

Cuando la deflexión es pequeña, es preciso utilizar radios amplios que aseguren desarrollo mínimos del orden expuesto.

**Tabla 2.3.6**

Desarrollo Mínimo de Curvas Circulares (w<=6)

V (km/h)	D mín (m)				
	2 <sup>g</sup>	3 <sup>g</sup>	4 <sup>g</sup>	5 <sup>g</sup>	6 <sup>g</sup>
10 - 35	80	75	60	50	40
40 - 60	140	125	115	100	90
70 - 90	205	190	170	150	130

### 2.3.3 Clotoides

La clotoide permite el paso desde una alineación recta a una con curvatura, o desde una curva a otra con distinto radio de curvatura y está definido como una espiral que tiene la característica de variar su curvatura desde el radio infinito en su origen (desarrollo  $L=0$ ), hasta  $R=0$ , cuando  $L$  es igual a infinito.

La ecuación paramétrica de la clotoide es:

$$A^2 = R \cdot L$$

#### Ecuación 2.3.2

*Ecuación de la Clotoide*

**A:** Valor constante para cada clotoide (m)

**L:** Desarrollo desde el origen al punto de radio  $R$

**R:** Radio de curvatura en un punto

#### 2.3.3.1 Ventajas del Uso de la Clotoide

Provee una alineación fácil de seguir, minimizando las invasiones a las pistas adyacentes o a las aproximaciones excesivas a la demarcación que las separa y promueve la uniformidad de velocidades, por lo tanto se obtiene:

- Mayor seguridad
- Comodidad
- Eficacia operativa

#### 2.3.3.2 Elección de la Clotoide

El parámetro  $A$  debe ser elegido de tal manera que la clotoide permita distribuir la aceleración transversal no compensada por el peralte a una tasa uniforme  $J$  a lo largo de su desarrollo  $L$ . Los valores máximos aceptables de  $J$  en trazados urbanos, donde el conductor está predispuesto a maniobras más acentuadas que en carreteras son los que se indican en la tabla 3.501.203 (3) A del REDEVU.

El valor mínimo del parámetro  $A$ , que cumple con la condición de distribuir dicha aceleración transversal en forma uniforme, será aquel que resulte de aplicar valores máximos de  $J$  en la expresión siguiente:

$$A_{\min} = \left[ \frac{V \cdot R}{46.656 \cdot J} \cdot \left( \frac{V^2}{R} - 1.27 \cdot p \right) \right]^{0.5}$$

#### Ecuación 2.3.3

*Parámetro A de la Clotoide*

**V:** Velocidad de Diseño (km/h)

**R:** Radio de Curvatura (m)

**J:** Pendiente Relativa de Borde (m/s<sup>3</sup>)

**p:** Peralte de la curva enlazada (%)

Tabla 2.3.7

Valores Máximos de J

V (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
J (m/s <sup>3</sup> )	0,975	0,950	0,925	0,900	0,875	0,850	0,825	0,800	0,775	0,750

### 2.3.3.3 Verificación por Transición de Peraltes

La longitud  $L = \frac{A^2}{R}$  de la clotoide debe permitir el desarrollo del peralte con una pendiente relativa de borde que no exceda ciertos límites. La expresión a aplicar es:

$$A \geq (n \cdot a \cdot p \cdot \frac{R}{\Delta})^{1/2}$$

Con:

$n$ : Número de pistas entre el eje y borde de la calzada

$a$ : Ancho (m) normal (sin ensanches) de una pista

$p$ : Peralte de la curva enlazada en % (si el bombeo coincide con el peralte de usa p-b)

$\Delta$ : Pendiente relativa de borde

### 2.3.3.4 Condición Visual y Estética

Cuando sea posible el valor de A debe ser mayor o igual que un tercio del radio de curvatura  $A \geq \frac{R}{3}$ .

Esto asegura un valor de "t" mayor o igual a 3.5g. Esta condición en trazados urbanos es difícil de conseguir, por lo tanto el mínimo deseable será aquel que produzca un desarrollo de la clotoide que requiera de un tiempo mínimo para recorrerla en 1.5 seg, es decir:

$$A_{min} = 0.645 \cdot \sqrt{V \cdot R}$$

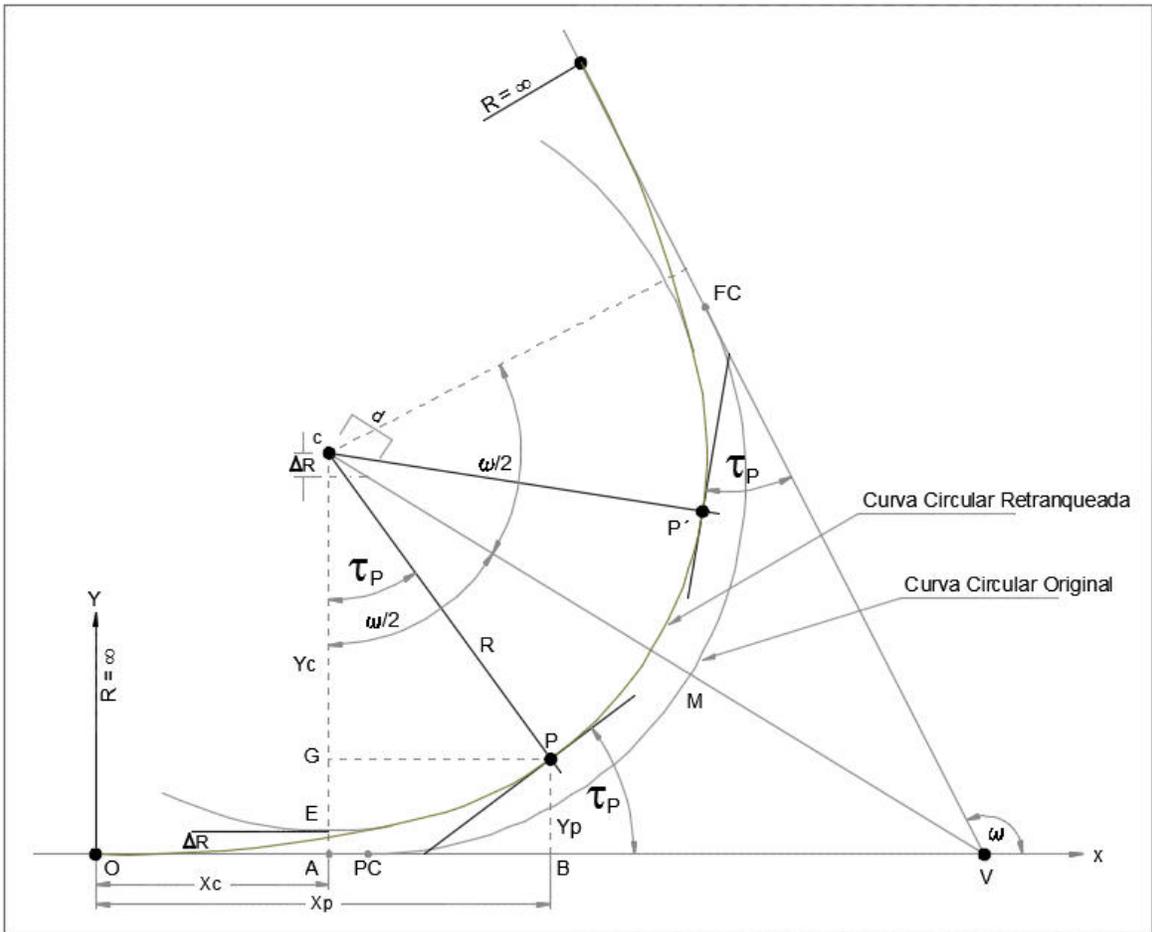
#### Ecuación 2.3.4

Parámetro A mínimo de la Clotoide

### 2.3.3.5 Configuraciones

Existen varias combinaciones e rectas y arcos de círculos con clotoides, pero la más usada es la Clotoide Simétrica (ARA), la cual incorpora una clotoide de enlace de igual parámetro al principio y final de la curva circular.

La introducción de un arco de enlace implica un desplazamiento del centro de la curva circular, el cual depende del retranqueo AE y del ángulo de deflexión  $\omega$  de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por las secciones de las clotoides de enlace.



**Figura 2.3-2**  
Conjunto Curva de Enlace Curva Circular

**2.4 ALINEAMIENTO VERTICAL**

**2.4.1 Perfil Longitudinal**

El eje vial definido en la calzada, ya sea en su eje de simetría o uno de los bordes de la calzada, queda definido en planta por las coordenadas horizontales (x,y) de los puntos singulares, que corresponden a los puntos de empalme de las distintas alineaciones que configuran el trazado de planta.

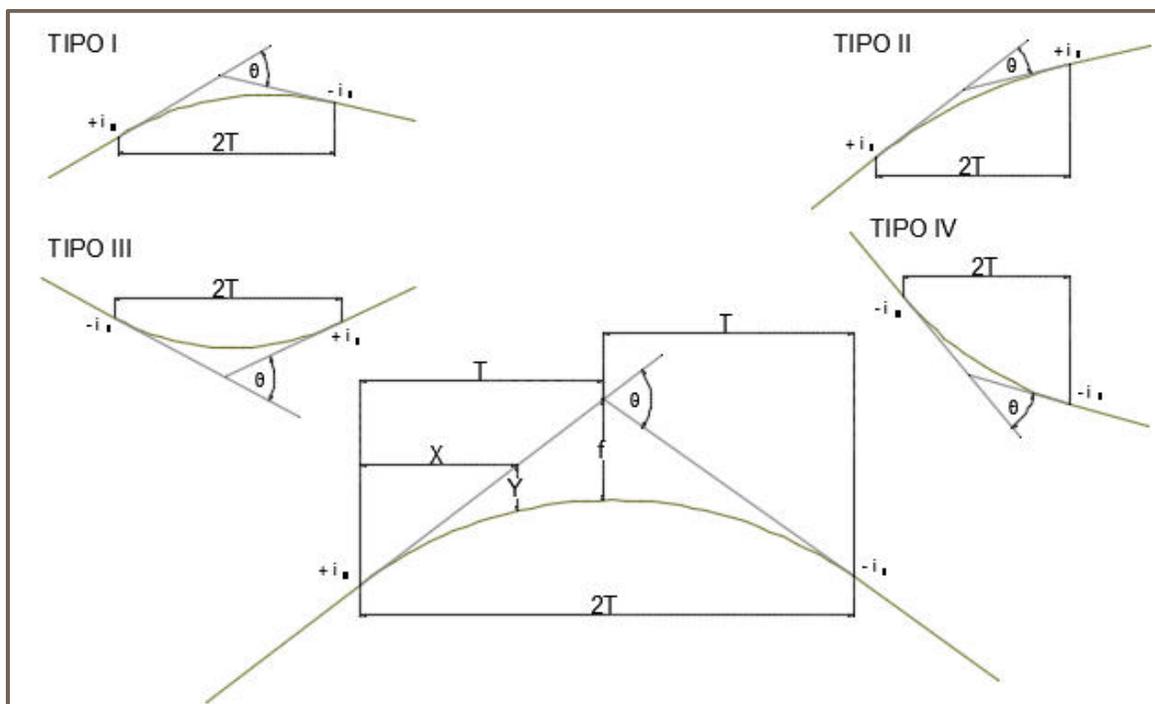
Para la completa descripción del eje vial tridimensional será preciso asociar al eje en planta un eje en alzado o elevación que defina en forma continua las cotas de todos sus puntos y, en particular, de cada uno de dichos puntos fijos, al nivel de la superficie del pavimento (rasante).

El perfil longitudinal estará constituido por tramos que presentan pendientes constantes de distinta magnitud y sentido, empalmándose entre sí mediante parábolas de segundo grado, que permiten una transición paulatina entre los tramos rectos, que al cortarse lo hacen en un ángulo que representaría un quiebre inadmisibles de la rasante.

Convencionalmente se define como pendientes positivas aquellas que, al avanzar el kilometraje de la vía, van haciendo aumentar la cota del eje perfil longitudinal, y negativas las que la hacen disminuir.

**2.4.2 Elementos de Curva Vertical**

En la Figura 2.4-1 (N° 5.01.303(1) A, de REDEVU), se ilustran los elementos y características de estas curvas y se incluyen las expresiones algebraicas que permiten calcularlas.



**Figura 2.4-1**  
Curva Vertical y sus elementos.

### 2.4.3 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño están determinados en bases a fórmulas que se presentan a continuación.

$$(1) \theta = |i_1 - i_2| \quad ; i_1 e i_2 \text{ debe llevar su signo y en tanto por uno.}$$

$$(2) 2T = K \cdot \theta$$

$$(3) f = \frac{T^2}{2K} = \frac{T \cdot \theta}{4}$$

$$(4) y = \frac{x^2}{2K} = \frac{f \cdot x^2}{T^2}$$

#### 2.4.3.1 Pendientes verticales máximas admisibles

Las rasantes de las vías urbanas deben presentar pendientes máximas de acuerdo a su categoría. Se debe destacar que los valores máximos, entregados a continuación, corresponden por lo general a accesos a estructuras a distinto nivel, y que su utilización puede ser antieconómica si se consideran sus efectos sobre los flujos, por lo tanto, en lo posible han de evitarse.

**Las pendientes máximas se deben verificar de acuerdo a Velocidad de Diseño en Tabla 2.4.1 (5.01.302 (1) A del REDEVU.)**

En calzadas unidireccionales independientes, las pendientes de bajada podrán superar estos valores hasta en un 2%. En pasos inferiores de gálibo reducido, estos valores pueden ser aumentados en un 2%.

La existencia de semáforos o señalización que limite la preferencia de paso, obliga a imponer ciertas restricciones a los valores anteriores. En el caso de pendientes positivas de calzadas independientes, deberán reducirse los máximos del cuadro anterior en un 2%, y en el caso de bajadas, ya sean calzadas independientes o no, se deberá implementar una reducción de la pendiente de tal modo que al menos 60 metros antes del punto de eventual detención, si la velocidad de diseño es igual o superior a 60 km/h, o 40 metros en caso contrario, se tenga una pendiente no superior al 4%, y además se deberá tratar de conseguir un tramo de unos veinte metros antes de dicho punto con la pendiente lo más próxima a la mínima que sea posible.

**Tabla 2.4.1**  
Pendientes Verticales Máximas

V (km/h)	TRONCALES	COLECTORAS	SERVICIO	LOCALES
25	--	--	--	12,0%
30	--	--	11,0%	12,0%
35	--	--	10,5%	--
40	--	10,0%	10,0%	--
45	--	9,5%	--	--
50	8,0%	9,0%	--	--
55	8,0%	--	--	--
60	7,5%	--	--	--
65	7,5%	--	--	--
70	7,5%	--	--	--

### 2.4.3.2 Pendientes verticales mínimas

En las vías urbanas, sobre todo en los diseños tradicionales confinados por soleras, es indispensable conferir al eje vial una pendiente longitudinal no inferior al 0,35% si se tiene peralte o bombeo. Si se tienen zonas de transición de peraltes, en las cuales la pendiente transversal puede llegar a ser nula, este mínimo es del 0,5% y en lo posible un 1%.

En el caso de vías sin solera, o con solera permeable, se puede aceptar pendientes nulas si se tiene peralte o bombeo.

### 2.4.3.3 Enlace de Rasantes

El ángulo de deflexión entre dos tramos rectos que se cortan, con pendientes  $i_1$  e  $i_2$  respectivamente (en tanto por uno y con su signo convencional), queda definido por la expresión:

$$\theta = |i_1 - i_2|$$

**Ecuación 2.4.1**  
*Ángulo de Deflexión*

Cuando  $\theta \geq 0.005$  (0,5%) se deberá proyectar una curva vertical para enlazarla, que será una parábola de segundo grado.

Para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas proyectadas sobre la horizontal y corresponde a:

$$2T = K \cdot \theta = K \cdot |i_1 - i_2|$$

**Ecuación 2.4.2**  
*Longitud de Curva Vertical*

Siendo K una constante expresada en la nomenclatura propia de las parábolas y que es asimilable, sólo por aproximación, al valor del radio de curvatura del círculo que es tangente a ambas rectas en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. Los parámetros K (curvas convexas y curvas cóncavas) se indican en la tabla 2.4.2 (5.01.303 (2) A del REDEVU).

Tabla 2.4.2

Parámetros Mínimos Curvas Verticales

V (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
<b>Kv</b>	100	150	200	250	375	550	750	1.000	1.300	1.750
<b>Kci*</b>	100	150	200	250	320	400	470	550	650	750
<b>Kc*</b>	150	250	350	450	600	800	1.000	1.200	1.500	1.750

#### 2.4.3.4 Longitudes Mínimas de Curvas Verticales

Conviene evitar los desarrollos demasiado cortos de las curvas verticales, que se producen cuando  $\theta$  es pequeño y se usan valores de K próximos a los mínimos. Por ello se recomienda hacer que  $2T$  (m)  $\geq 2/3$  VD (km/h).

#### 2.4.4 Peraltes

##### 2.4.4.1 Generalidades

El Peralte es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva. Dicha acción está contrarrestada también por el roce entre ruedas y pavimento.

El cambio de inclinación transversal para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte a lo largo de un tramo, es llamado **transición de peralte**, supone un giro de parte de la totalidad de la calzada en torno a un eje, llamado "eje de giro del peralte", comúnmente asociado al eje en planta, aunque excepcionalmente puede coincidir con un borde de la calzada.

Para la materialización en terreno del peralte prescrito será necesario entregar, además de las cotas del eje de replanteo, las de los bordes de las calzadas involucradas. Una de las maneras de hacer esto es mediante un diagrama de peraltes, en el cual aparece horizontal el eje de giro, midiéndose con respecto a él las diferencias de cotas que presentan ambos bordes de la calzada, si dicho eje de giro coincide con el eje en planta. O sea, en cualquier punto del trazado se pueden obtener las cotas de los bordes de la calzada: restando o sumando, de la cota en el eje (perfil longitudinal), las dimensiones correspondientes del diagrama de peraltes. En el caso especial de girar con respecto a un borde, será este el que mantenga la cota del eje en alzado en cada perfil y será preciso modificar dicho eje en elevación, restándole o sumándole las distancias correspondientes del diagrama.

##### 2.4.4.2 Pendiente Relativa de Borde

Para producir un diagrama de peraltes hay que tener en cuenta que los bordes, al subir y bajar con respecto al eje de giro, lo hacen con una pendiente relativa a dicho eje, que en diagrama de peraltes aparece como el ángulo que forman las líneas de borde con la horizontal, de acuerdo a una aproximación aceptable.

Esta pendiente, representada con la letra "j" y llamada "Pendiente Relativa de Borde", no puede ser muy grande para evitar que se produzca un efecto dinámico desagradable (momento de vuelco) y/o un efecto antiestético, como resultado de acentuadas subidas y bajadas de los bordes de la calle.

Los máximos recomendables y absolutos para las pendientes relativas de borde se indican en la tabla 5.01.205(1) A del REDEVU.

### 2.4.4.3 Longitudes para transición de peraltes

Las longitudes para la transición de peraltes se bosqueja en la lámina 5.01.205(2) A, adjunta, del REDEVU.

En el ejemplo de la lámina, la calzada tiene dos pistas y su eje vial coincide con el eje de giro de peraltes (Figura I).

La transición del ejemplo consiste en el paso de un peralte  $p_1$  a otro  $p_2$ , a lo largo de una longitud ( $\ell$ ). En las Figuras II y III se muestran los perfiles transversales en A y B respectivamente, que corresponde a la calzada con pendientes transversales o peraltes  $p_1$  y  $p_2$ .

En los puntos A y B se tienen anchos de pista  $a_1$  y  $a_2$ . Esto determina, en conjunción con los peraltes, una variación en la distancia vertical de los bordes de calzada con respecto al eje vial ( $h_1$  y  $h_2$ ), entre estos dos puntos, denominada  $\Delta h$  ( $h_2 - h_1$ ). El borde exterior, en este caso, se elevan sobre el eje de giro, y el interior se encuentra bajo él. Las expresiones para  $h_1$  y  $h_2$  aparecen en la lámina.

Para la construcción del diagrama de peraltes, como se verá más adelante, se considera solo el ancho básico de las pistas, dejando de lado los sobreamanchos por curvatura.

Puede ocurrir que entre el eje de giro y el borde más alejado de la calzada exista más de una pista;  $n$  representa dicho número de pistas, que puede ser fraccionario si el total de pistas es impar y el eje de giro coincide con el de simetría.

En el caso general, entonces,  $h_1 = n \cdot a \cdot p$  y  $h_2 = n \cdot a \cdot p$

Estas expresiones aparecen en la lámina, y de ellas se deriva el concepto de "pendiente relativa de borde". En el caso del ejemplo, los bordes exteriores e interiores han variado su cota entre los puntos A y B en un valor igual a  $+\Delta h$  y  $-\Delta h$  respectivamente. Como esta variación se ha producido a lo largo de la longitud ( $\ell$ ), la pendiente relativa de borde  $j$  será igual a  $\Delta h / \ell = (h_2 - h_1) / \ell$ , entonces:

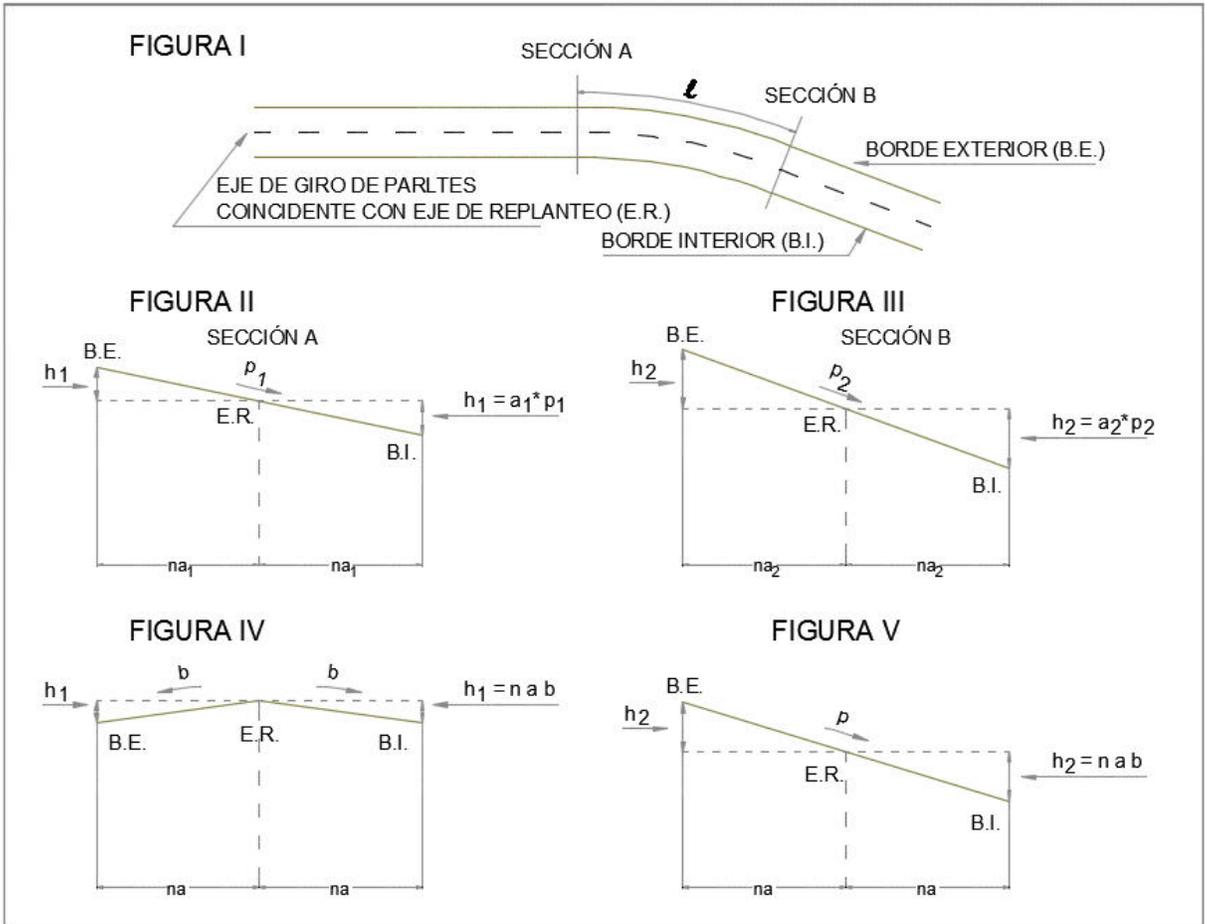
$$j = \frac{\Delta h}{\ell} \Rightarrow j = \frac{(h_2 - h_1)}{\ell}$$

$$j = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\ell}$$

#### Ecuación 2.4.3

*Pendiente relativa de borde*

Los casos IV y V grafican los perfiles transversales de una transición de bombeo doble "b" a peralte "p", también separadas por una longitud  $\ell$ . Aparecen bajo ellas las correspondientes expresiones.



**Figura 2.4-2**  
Elementos de la Transición de Peraltes

**2.4.4.4 Proporción de peralte a Desarrollar en recta**

La longitud ( $\ell$ ) indicada en el acápite anterior no constituye problema si se han utilizado clotoides, porque en tal caso, según lo visto en el punto 1.10, para las clotoides, se ha impuesto la condición de que el desarrollo de ésta cumpla con la condición de no producir una pendiente relativa de borde  $j$  superior a los valores aceptados.

Cuando no se utilizan clotoides, siempre deberá existir un tramo recto entre dos curvas circulares. Si éstas tienen el mismo sentido, el tramo en cuestión cumple una función de guiado óptico y su longitud mínima  $L = VD - 10$  (m) es más que suficiente para resolver las transiciones de peralte, sobre todo porque se permite mantener dicho tramo con una pendiente transversal única, en la zona del mismo que no es afectado por el desarrollo del peralte, con una pendiente transversal de 3% y excepcionalmente hasta del 3,5%. Si las curvas tienen distinto sentido, se exige que la recta intermedia tenga el desarrollo suficiente para transitar peraltes.

La inexistencia de clotoides plantea el problema de donde ejecutar la transición: ¿en la recta, en la curva, o entre ambas? Evidentemente, solo la última solución supone un compromiso adecuado entre la primera, que obliga a tener una recta con pendiente transversal excesiva, incómoda y hasta peligrosa para vehículos altos si  $p$  es considerable, y la segunda, que obliga a tener parte de una curva con peralte insuficiente, más peligroso aún.

La proporción del peralte que se debe desarrollar en la recta se indica en la tabla 5.01.205(3) A, del REDEVU.

**Tabla 2.4.3**

Peralte que se desarrolla en recta

Mínimo	Normal	Máximo
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Los valores mínimos pueden usarse cuando el tramo recto entre dos curvas de distinto sentido es breve. En este caso, puede ocurrir que no exista un tramo con bombeo, sino un punto con pendiente transversal nula, producto del paso de uno a otro peralte en forma continua.

Los valores máximos pueden utilizarse cuando una curva circular tiene un desarrollo breve, ya que el peralte que le corresponde a dicha curva debe mantenerse al menos en una longitud igual a  $V/4$ (m).

**2.4.4.5 Transiciones cuando no existen Clotoides**

En la lámina N° 5.01.205(3)A, de REDEVU, se presenta la manera de resolver la transición de peralte en un trazado que pasa directamente de una recta a una curva circular, suponiendo que el eje de giro es el eje de la calzada.

Se reitera que este es el caso normal y preferible, ya que el efecto visual es mucho menor que cuando el eje de giro es un borde. Lo último se presenta en la lámina N° 5.01.205(3)B, de REDEVU y el efecto es más desfavorable salvo que se utilice valores de "j" menores, lo cual produce longitudes proporcionalmente mayores.

En ambas láminas se muestra también las variaciones de los mismos diagramas si en vez del bombeo inicial "a dos aguas" se tiene bombeo "a una agua" ("doble" y "único" respectivamente).

Cada ejemplo muestra un diagrama de curvaturas y los perfiles transversales inicial, intermedio y final (A,B, C...), situadas éstos en el punto singular de su ocurrencia. Esta ubicación queda explícita con los acotamientos que muestran las distancias relativas entre los distintos perfiles singulares en cuestión.

A continuación aparece el diagrama de peraltes propiamente tal, donde los bordes reflejan la situación esquematizada mediante las secciones transversales (A, B, C,....).

#### 2.4.4.6 Transiciones con Clotoides

Cuando existen arcos de enlace, al cual se le exige una longitud compatible con la transición de peralte, el desarrollo del mismo se puede hacer linealmente a lo largo de las clotoides, teniendo en cuenta dos aspectos importantes:

Primero, que cuando la calzada presenta bombeo a dos aguas (bombeo doble) o bombeo único opuesto al peralte de la curva siguiente, se debe transitar la inclinación transversal de la calzada o de las pistas en cuestión desde  $-b$  (bombeo) a 0% dentro de la alineación recta, para así tener la pendiente transversal nula al comienzo de la clotoide (si el bombeo es doble, sólo la mitad de la calzada estará en esa situación y la otra mantendrá la inclinación transversal  $b$ ). Esto se muestra en las láminas 5.01.205(4) A y B de REDEVU.

Segundo, puede suceder que la longitud de la curva de enlace sea muy superior a la necesaria para desarrollar el peralte entre 0% y  $p\%$ . En estos casos la pendiente relativa de borde "j" del (los) borde(s) peraltado(s) puede resultar pequeña y por lo tanto la zona con pendiente transversal cercana al 0% puede ser demasiado extensa desde el punto de vista del drenaje, lo cual se torna grave si la pendiente longitudinal es escasa.

En tal caso se tomará la precaución de efectuar la transición, entre el valor  $-b\%$  hasta el 0% (en la recta) y entre el 0% y  $-b\%$  (en la clotoide) con el valor de  $j$  que le corresponde a la velocidad de diseño, y el resto de la transición, desde  $+b\%$  a  $p\%$  se ejecutará linealmente en lo que resta de la clotoide. Este caso se muestra en las láminas 5.01.205(4) C y D del REDEVU, donde se muestran las soluciones con eje de giro coincidente con el eje en planta y con el borde derecho, respectivamente.

2.5 ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

2.5.1 Calzadas

**Calzada** es la superficie que puede soportar el tránsito vehicular y puede tener 1 o más pistas.

La **Pista** es la subdivisión de una calzada que permite acomodar una fila de vehículos transitando en un mismo sentido.

El ancho de las pistas está determinado por el uso de éstas y lo plantea la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en el Artículo 2.3.2.

Como criterio se utilizan los anchos recomendables que dicta el REDEVU 2009, en la Tabla 5.02.202 (4) A., presentados en la Tabla 2.5.1.

**Tabla 2.5.1**

Anchos de Pista Mínimos recomendables y absolutos en recta (m)

V (km/h)	N (1) (2)		S (2)				L (1)			
	M. Rec.	M. Abs.	1 Pista Solobus		2 Pistas Juntas		Pista Única		Más de 1 Pista	
			M. Rec.	M. Abs.	M. Rec.	M. Abs.	M. Rec.	M. Abs.	M. Rec.	M. Abs.
30	2,75	2,50	3,50	3,25	6,75	6,25	4,75	4,50	2,75	2,50
40	3,00	2,75	3,50	3,25	6,75	6,25	5,00	4,75	3,00	2,75
50	3,25	3,00	3,75	3,50	7,00	6,50	5,00	4,75	3,25	3,00
60	3,25	3,25	3,75	3,50	7,00	6,50				
70	3,50	3,25	4,00	3,75	7,25	6,75				

- (1) Si el porcentaje de vehículo pesados excede el 10%, se deberá aplicar un mínimo absoluto de 3,25 m y para  $V \geq 70 \text{ km/h}$ , el mínimo recomendable.
- (2) El uso de los mínimos absolutos exige trazados con clotoides para velocidades iguales o superiores a 50 km/h.
- (3) Si son de distinto sentido, usar el doble de lo recomendable para 1 pista.
- (4) Las pistas laterales únicas pueden efectivamente únicas o ir acompañando a una pista solobus (S). En este último caso corresponde usar los mínimos correspondientes al caso de "más de una pista" (columna de al lado).

**2.5.1.1 Modificaciones de Ancho de Calzadas**

Las modificaciones de ancho se producen por diversos efectos, que están clasificados por:

**Variación de número de pistas**

Para modificar anchos de calzada s debe utilizar la Ley de transición de anchos, de acuerdo a REDEVU 2009.

**Tabla 2.5.2**

Longitudes requeridas para modificar anchos de calzada (Aparición y Desaparición de una pista)

	<b>V(km/h)</b>	30	40	50	60	70
<b>LT(m)</b>	<b>Aumento</b>	20	25	30	35	40
	<b>Disminución</b>	30	35	40	45	50
	<b>Parada Buses</b>	10	15	20	25	30

**Ley Transición de Anchos**

**Tabla 2.5.3**

Longitudes requeridas para modificar anchos de calzada (Aparición y Desaparición de una pista)

<b><math>I_n / L_T</math></b>	<b><math>e_n / E_T</math></b>
0,05	0,0029
0,10	0,0127
0,15	0,0321
0,20	0,0629
0,25	0,1073
0,30	0,1656
0,35	0,2370
0,40	0,3190
0,45	0,4077
0,50	0,5000
0,55	0,5923
0,60	0,6810
0,65	0,7630
0,70	0,8344
0,75	0,8927
0,80	0,9371
0,85	0,9679
0,90	0,9873
0,95	0,9971
1,00	1,0000

2.5.2 Gálibos

Las vías a su paso bajo, entre, sobre o al lado de cualquier elemento estructural o de otro tipo, como pueden ser túneles, puentes, muros, etc., deben contemplar espacios libres en todos los sentidos, con el fin de asegurar el paso de los vehículos tipo considerados en el diseño sin interferencias físicas, con plena visibilidad y sin efectos psicológicos, para evitar las dificultades operativas y las correspondientes disminuciones en la capacidad y nivel de servicio.

Para ello se definen gálibos laterales y verticales esquematizados en la figura 5.02.702.A.

Cabe destacar que de acuerdo a ORD. N°01441, de fecha 25.07.2016, de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se autoriza a SERVIU a exigir un gálibo mínimo de 5.0 m. en los cruces desnivelados proyectados.

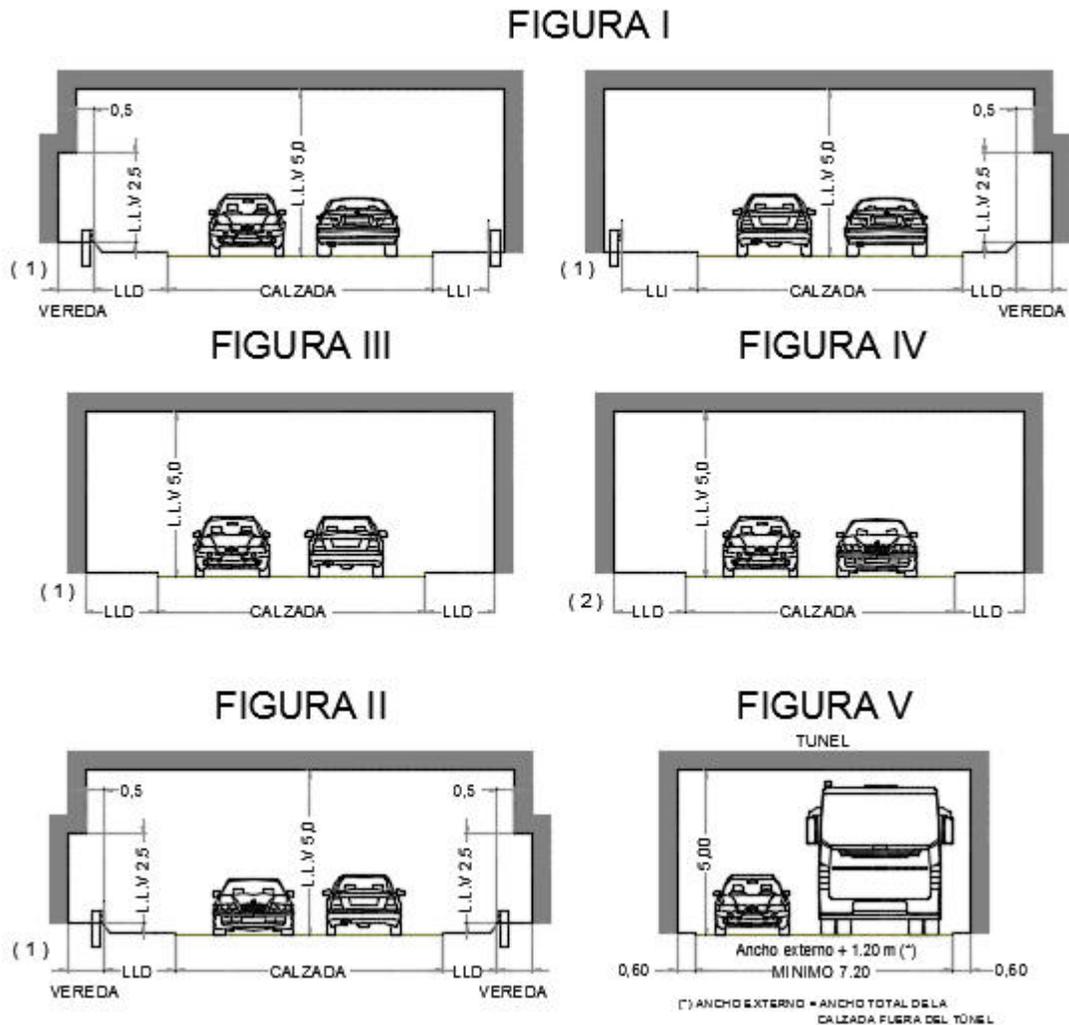


Figura 2.5-1  
Luces Libres (Gálibos)

**2.5.3 Bandejes y Medianas**

**El ancho mínimo es de 2.0 m en recta (sin interrupciones) y de 5.0 m en caso de apertura para cruces o giros a la izquierda.**

La generación de bandejes centrales debe cumplir con lo indicado en la lámina 3.602.109 y Tablas 3.602.109 y B de REDEVU.

De acuerdo a la OGUC, la mediana y el bandejón son espacios de determinado ancho que separan las calzadas y se diferencian en que la primera posee además una diferencia altimétrica respecto de la calzada, que generalmente, se produce con la utilización de soleras. En lo que sigue de este punto, se tratará como mediana de manera general al referirse a ambos elementos.

Generación de Medianas

Para la generación de medianas es necesario proyectar curvas que cumplan con las consideraciones abordadas en el presente capítulo, así como también a la normativa vigente.

La generación de una mediana se realiza proyectando una curva en "S" a través de dos curvas circulares y que son tangentes entre sí en un punto de inflexión.

Se pueden distinguir dos casos:

- A Mediana a un lado
- B Mediana a ambos lados

En cualquiera de los casos anteriores se muestran las curvas en "S" desde A a C (C') con las dos curvas circulares de radios R1 y R2. El desarrollo de cada una de estas curvas genera desplazamientos: E1 y E2 respectivamente, generando un ensanche total de la mediana denominado "E"

Por otro lado, se determina la longitud total a lo largo de la vía en la cual se produce la modificación del ancho, denominada "L" y que corresponde a la suma de L1 y L2, longitudes de cada uno de los arcos.

**2.5.4 Bandas de Estacionamiento**

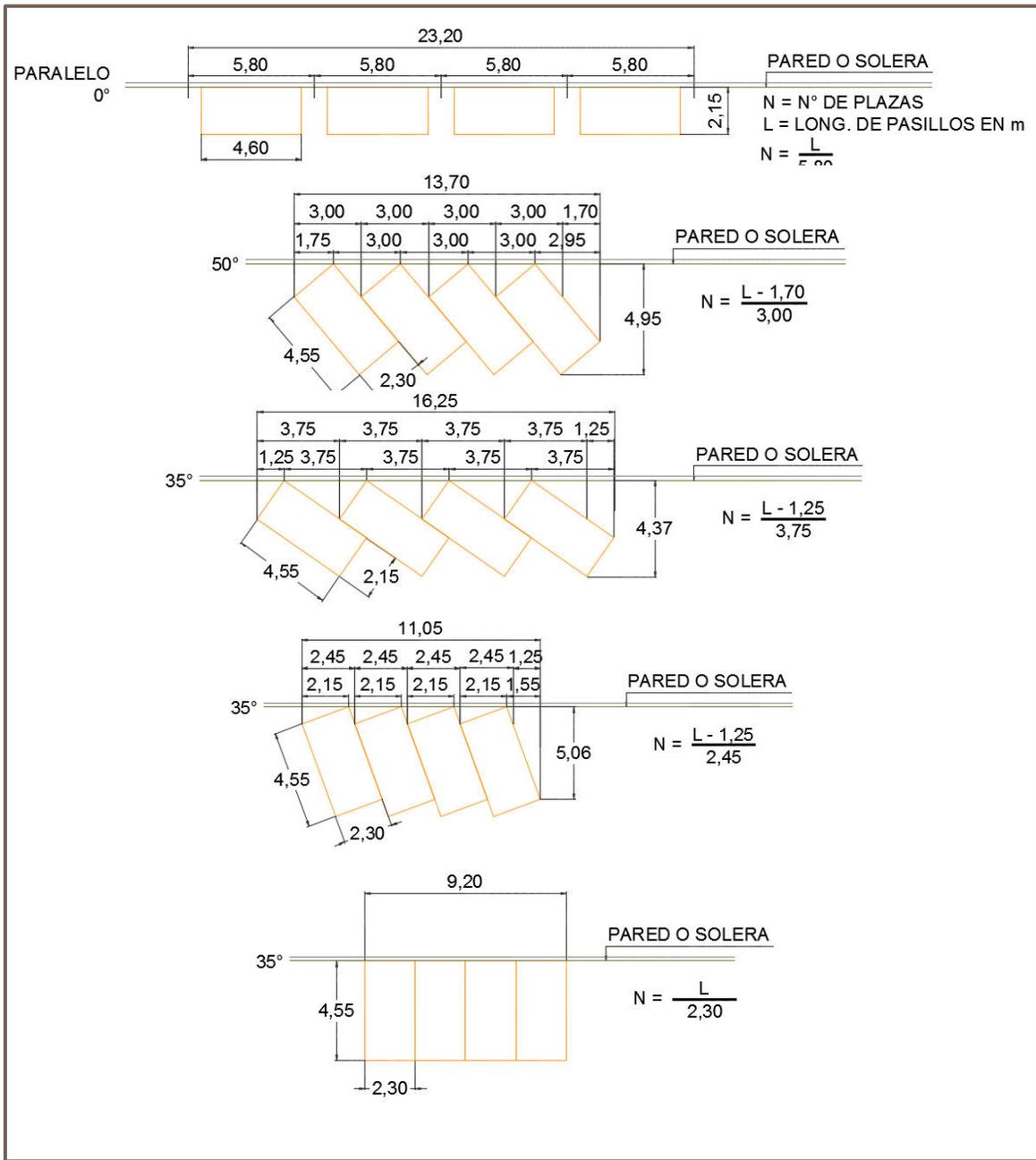
Dedicadas al estacionamiento de vehículos, se constituyen por la prolongación de la pista número 1 y pueden ser adosadas a cualquier tipo de pista con la excepción de Solobus. No es recomendable proyectar bandas de estacionamiento en vías troncales e inaceptables en vías expresas.

Para determinar su ancho se debe tener en cuenta la situación del tránsito de la vía y la posición en la que se pretende permitir el estacionamiento. Estos anchos se tabulan en la Tabla 2.5.4. y se ilustran en Figura 2.5-2.

**Tabla 2.5.4**  
Anchos Mínimos de la Banda de Estacionamiento

<b>Ángulo (°)</b>	0	35	50	70	90
<b>Ancho (m)</b>	2,0 *	5,0	5,5	5,5	5,0

\*Mínimo Absoluto



**Figura 2.5-2**  
 Estacionamiento según disposición de vehículos

2.5.4.1 Aparición y desaparición de bandas de estacionamiento

En estos casos, debe considerarse una transición normalizada, consistente en la generación y desaparición abrupta de la banda en referencia, redondeando el ángulo que forman la solera correspondiente a la sección sin estacionamiento y la solera transversal, mediante un arco de circunferencia cuyo radio depende del ángulo de estacionamiento, como se tabula en la tabla 2.5.5 Dicha solera se remata directamente sobre la solera correspondiente a la sección ampliada según la figura 2.5-3.

Tabla 2.5.5

Radio para redondeo de soleras en estacionamientos y longitud de tangente

e(°)	0	35	50	70	90
R(m)	1,00	3,00	2,00	1,50	1,00
T(m)	1,00	0,95	0,93	1,05	1,00

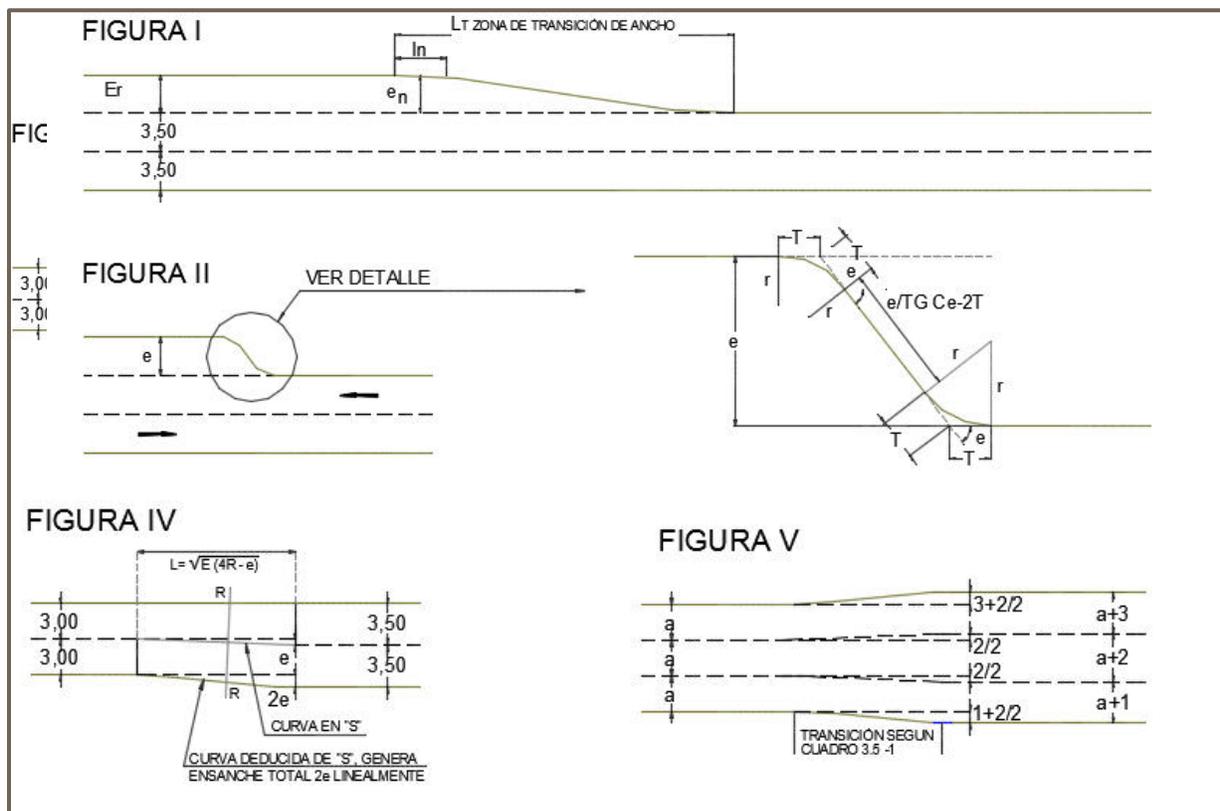


Figura 2.5-3

Modificaciones al Ancho de la Calzada

**2.5.4.2 Estacionamiento Segregado**

Se denominan así a aquellas áreas destinadas a estacionamiento que quedan incluidas en la plataforma vial, pero separadas de las calzadas mediante bandejones o paseos.

La provisión de tales espacios es posible a ambos lados de una calzada unidireccional, salvo en el caso de existir pistas solo bus. Por otra parte es la única manera aceptable de conferir espacio de estacionamiento a vías troncales, en las que no son permitidas las bandas destinadas a esos fines, en las calzadas.

Las pendientes transversales y longitudinales deben ser lo menores posibles, asegurando eso sí la correcta evacuación de las aguas: la línea de máxima pendiente debe presentar en todo momento una inclinación al menos igual al 1.5%.

Las dimensiones transversales dependen de la configuración interna del espacio, o sea, del ángulo de estacionamiento (a e), de la existencia de dárseles a uno o dos lados del pasillo de circulación interna y del ancho y número de dichos pasillos.

El espacio transversal y el ancho del pasillo se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 2.5.6**  
Anchos de pasillo en estacionamiento

<b>e (°)</b>	0	35	50	70	90
<b>Ap (m)</b>	3.4	3.6	4.4	5.8	7.3

Entonces, la sección transversal de un estacionamiento segregado se puede determinar mediante la suma de los anchos de las zonas que contemple.

**Accesos**

Los accesos a los estacionamientos segregados deben permitir una maniobra de deceleración semejante a la que se considera en ramales de interconexión y enlaces, cuando la velocidad de diseño de la vía es mayor o igual a 50 km/h, o una maniobra de giro tipificada (a 30° 50 km/h) si ello es pertinente y más adecuado (6.02.105). También son factibles los esquemas de la Sección 4.04.

Las salidas en cambio, no requieren pistas de aceleración, salvo cuando ellas se ejecuten directamente sobre calzadas principales de autopistas.

Los accesos a un estacionamiento segregado presentan generalmente características geométricas distintas a las de los ramales de salida en intersecciones y enlaces, puesto que la alineación de llegada puede ser paralela a la pista que se deja, lo cual obliga a una maniobra en "S".

Las dimensiones involucradas en los distintos elementos que constituyen los dispositivos de salida, ya sean el llamado genéricamente "pista de deceleración", con sus largos de "cuña", de la "zona de deceleración", y de la "zona de espera" (si se prevén colas al ingreso), o el diseño para giro tipificado, con sus transiciones, radios y retranqueos, serán las mismas que aparecen en 6.02.105 y 106 de REDEVU.

### 2.5.5 Intersecciones

Se considerarán como intersecciones los empalmes, cruces o encuentros al mismo nivel de dos o más vías. Tales situaciones se producen sobre una superficie que debe ser diseñada de modo de permitir, a una cantidad y composición determinada de vehículos, en la forma más expedita y segura posible, parte o la totalidad de los movimientos origen-destino que sean teóricamente factibles de acuerdo al número de vías que confluyen y al número de sentidos permitidos en cada uno de ellas.

La configuración básica de cada una de ellas: tipo de dispositivo y número de pistas destinadas a cada movimiento considerado, se resuelve a partir del esquema de servicio (oferta) con el cual se pretende satisfacer una demanda predeterminada.

La geometría propiamente tal es la peculiar configuración de los elementos de diseño que permiten, facilitan, dirigen, separan, delimitan y/o encauzan dichos movimientos. Esta geometría debe definirse analítica y gráficamente.

Se ha dicho que para efectos de redacción de estas instrucciones de Diseño, se considerará que una vía pasa de una sección considerada normal a zona de intersección en el primer punto en que aparece cualquier elemento que permita una maniobra destinada a un cambio de dirección o sentido de los vehículos, con respecto a los que quedan definidos por el eje de dicha vía.

Esta extensión hace que las aberturas de mediana y las pistas de cambio de velocidad, espera y giro sean consideradas como parte de las intersecciones.

#### 2.5.5.1 Antecedentes para el diseño

- Tipo de vías que confluyen
- Topografía y edificaciones, instalaciones de servicios en el subsuelo y otras restricciones
- Análisis del tráfico.
- Análisis de peatones y ciclistas que cruzan la intersección
- Velocidad de vehículos motorizados en los accesos
- Existencia de accidentes (número y causas)
- Tipo de control o gestión (modelaciones y programaciones)
- Clasificación de cruces similares (uniformidad)
- Impacto al tráfico durante la construcción
- Impacto en área adyacente al cruce
- Factores económicos

#### 2.5.5.2 Principios de diseño

- Preferencia de los movimientos principales
- Reducción de las áreas de conflicto
- Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan
- Paralelismo de las trayectorias cuando convergen o divergen
- Separación de los puntos de conflicto
- Separación de los movimientos
- Control de la velocidad
- Control de los puntos de giro
- Creación de zonas protegidas para usuarios vulnerables
- Visibilidad

- Previsión de crecimiento
- Sencillez y claridad

### 2.5.5.3 Tipos de Intersecciones

Dentro de la innumerable variedad que supone el conjunto de las intersecciones, es posible definir una tipología que permite clasificar la mayor parte de los casos reales.

- Empalmes (3 Ramas): Se asemejan a una "T" o un "Y".
- Cruces (4 Ramas): Se asemejan a una Cruz o una "X"
- Encuentro (más de 4 Ramas)
- Intersecciones Giratorias (Rotondas y Mini-Rotondas)

### 2.5.5.4 Definición en planta de una Intersección

La definición en planta de los distintos elementos que configuran una intersección se rige por cuatro aspectos fundamentales que no son independientes entre sí.

**a) La velocidad que el diseño** permitirá los vehículos que utilicen dichos elementos, respetando márgenes aceptables de seguridad, comodidad y economía. Esta velocidad – de diseño – se supone coherente con la situación más favorable que impongan los sistemas de control que se prevean en el dispositivo. En este sentido, al elegir una velocidad de diseño se subentiende que ella puede ser desarrollada en el elemento en cuestión, ya sea porque los vehículos que lo usen tienen preferencia señalizada o porque enfrentan una luz verde de semáforo. Si no existe preferencia ("PARE" o "CEDA EL PASO" afectando el movimiento) debe considerarse, para efectos del diseño, velocidad nula en ese punto, salvo que se prevea una posible modificación futura de tal esquema de priorización.

**b) La Composición de vehículos** que habría de usar el dispositivo en forma significativa. Para estos efectos se considera la clasificación que aparece en el párrafo 2.02.402 del REDEVU, pero condensada en tres categorías: Livianos (L), Camiones y buses (C) y vehículos articulados (VA). Aquellos elementos que se vean requeridos por un porcentaje de vehículos del tipo C o VA superior al 5%, deberán ser diseñados tomando en cuenta las exigencias geométricas superiores que tal demanda supone y que, por otra parte, satisface plenamente los requisitos operativos de las categorías inferiores.

**c) La Referencia visual** también es un aspecto fundamental para el diseño geométrico de elementos en intersecciones, debido a que los vehículos, al transitar en una intersección lo hacen ciñéndose a alguna referencia visual: Solera, demarcación, borde de calzada o pista. Estas deben coincidir con un eje analíticamente definido que respete las normas aquí contenidas, o derivarse de él de manera que se garantice su afinidad geométrica con la dinámica de los movimientos considerados.

La derivación más frecuente es la traslación paralela de los ejes, pero también son frecuentes las transiciones parabólicas de ciertas líneas (soleras) con respecto al eje o a una paralela a él, así como líneas que convergen o divergen con respecto a otras, según leyes que pueden ser lineales o de otra naturaleza.

**d) Existencia de peatones y ciclistas**, que además de significar una variable importante desde el punto de vista operativo, impone restricciones y exigencias al diseño geométrico de una intersección. Esto

principalmente debido a la necesidad de proveerlos con protecciones (islas refugio) si las distancias a cruzar por ellos (en una fase verde) es superior a 14m.

En la presente sección se abordará la descripción de los elementos más importantes y usuales de las intersecciones. Estos elementos pueden ser dispositivos completos, como son las intersecciones de vías con calles laterales de servicio; dispositivos aislados, como las pistas de cambio de velocidad, o simples alineamientos, como las curvas a emplear como ejes en movimientos de giro.

#### **2.5.5.4.1 Parametrización Geométrica de una Intersección**

Para definir geoméricamente una intersección es necesaria la elección de ciertas líneas relevantes que tendrán categorías de ejes auxiliares.

En la lámina 6.02.101.A del REDEVU, se esquematizan algunas posibilidades de ejes auxiliares, así llamados para distinguirlos de los ejes principales, que serán los que definen geoméricamente las vías que se empalman, cruzan o encuentran.

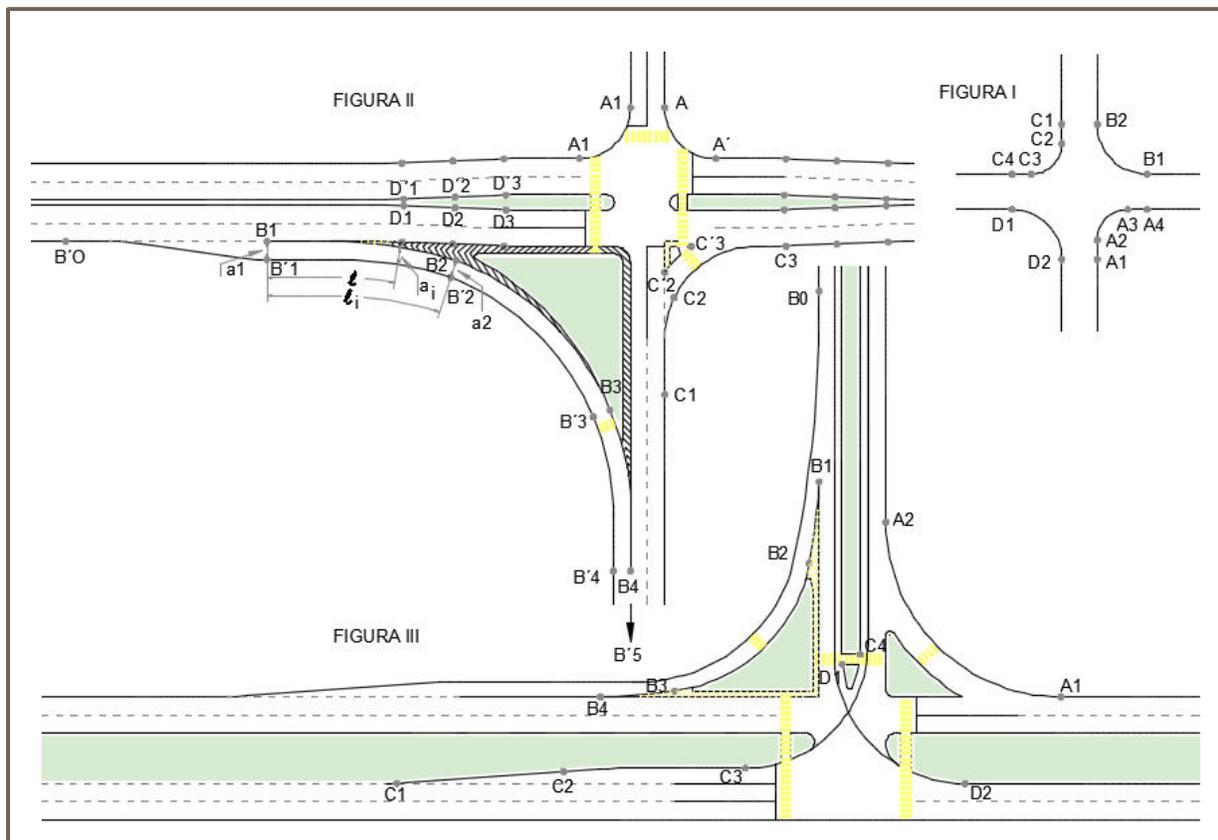
#### **2.5.5.4.2 Radios Mínimos**

En el caso de los ejes principales de las vías, los radios mínimos resultan de la aplicación de un criterio físico-matemático que relaciona la velocidad de diseño, el radio de curvatura, el peralte y el coeficiente de fricción transversal.

En el caso de los ejes auxiliares esto también puede ser válido, así como todo lo relativo a las curvas de acuerdo, pero las limitaciones de espacio que enfrenta el diseño de intersecciones, que se reduce principalmente en la necesidad de velocidades de diseño aún inferiores a 25 km/h y en la imposibilidad de conseguir desarrollos de ejes lo suficientemente amplios como para desarrollar el peralte normalizado, obliga a dar un tratamiento distinto al problema de los radios mínimos.

Deberá distinguirse, por lo tanto, el caso de las intersecciones que se diseñan sobre una plataforma común, en la cual la altimetría de las superficies ocupadas para los distintos movimientos debe ser resuelta como un conjunto, siguiendo fundamentalmente imperativos de drenaje o estéticos, y aquellas otras en las que uno o más ejes tienen un desarrollo suficiente como para poder tratar su altimetría en forma más o menos independiente de las calzadas principales y de otras superficies que puedan acoger movimientos según el esquema de la plataforma común.

Cuando existen ramales independientes, el diseño en planta de los ejes se ajusta a los criterios que rigen el diseño de las vías en sección normal Fig.(6.02.101(1)A), REDEVU.



**Figura 2.5-4**  
Ejes de Replanteo (Figura 6.02.101 A)

A continuación se trata separadamente cada uno de estos esquemas.

- Radios Mínimos para Velocidades muy Bajas (Fig.6.02.102 (1) A REDEVU)
- Radios Mínimos en Intersecciones sin Canalizar y  $V \leq 20$  km/h. (Fig.6.02.102 (2) A y Tabla 6.02.102.(2) A, REDEVU)
- Radios Mínimos en Intersecciones Canalizadas y  $V > 20$  km/h. (Tabla 6.02.102. (3) A, REDEVU)

### 2.5.5.4.3 Curvas de Transición

#### a) Clotoides

El uso de espirales como curvas de transición es particularmente deseable en intersecciones, pues en éstas se magnifican las ventajas que ellas representan desde el punto de vista estético y operativo.

Las relaciones entre A y R son las que aparecen en las tablas del punto 2.3.3.

#### b) Curvas circulares compuestas

También se puede pasar de una alineación cualquiera a otra de radio de curvatura inferior o superior usando una curva circular de radio intermedio.

Cuando este sistema es utilizado, debe asegurarse que la relación entre dos radios sucesivos no sea superior a 2 (dos), siendo preferible que el radio superior sea al inferior como 1,5 es a 1.

Además, la longitud de tales curvas debe ser suficiente para que los conductores las usen efectivamente para modificar su velocidad. Los valores mínimos y deseables para estas dimensiones se tabulan en Tabla 6.02.103(2) A, REDEVU.

#### 2.5.5.4.4 Ancho de pavimentos en Ramales

El ancho del pavimento en calzada de giro, está regulado por el volumen y composición del tránsito que por ella circula, así como el radio de la curva circular asociada al giro. Se describirán varias posibilidades de operación según la importancia del ramal.

Todas estas variables han dado motivo a estudios que parten de ciertos datos conocidos como: trayectoria mínima de los vehículos tipo, distancias libres deseadas a los bordes del pavimento y a otros vehículos, sobreechancho por efecto de la velocidad, etc. Esto ha permitido tipificar los casos y tabular los anchos mínimos requeridos bajo cada combinación de factores. Los anchos necesarios para vehículos tipo L o C pueden calcularse matemáticamente, pero los necesarios para V.A. han debido estudiarse experimentalmente o mediante el empleo de modelos a escala.

Los tipos de operación que puedan considerarse en el ramal de giro, dan origen a una primera clasificación de tres posibilidades.

**Caso I.** Una pista con tránsito en un solo sentido, en que no se consulta la posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga.

**Caso II.** Una pista con tránsito en un solo sentido, diseñada de modo que sea posible adelantar a un vehículo detenido por emergencia a un costado de la pista.

**Caso III.** Dos pistas, ya sea para tránsito en uno o dos sentidos.

El caso I se reserva para ramales de giro de poca importancia, bajo volumen de tránsito y corta longitud. Al menos uno de los bordes del pavimento debe tener una berma que permita ser transitada en una emergencia; si hay soleras, una de ellas debe ser fácilmente montable.

El caso II consulta la posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades con espacios libren entre vehículos restringido, pero manteniéndose ambos dentro de la pista de circulación. Esta hipótesis de diseño es adecuada tanto para bajos volúmenes de tránsito como para aquellos próximos a la capacidad del ramal.

El caso III se reserva para las situaciones en que el volumen de tránsito supera la capacidad de una sola pista o para el tránsito en doble sentido cuando así esté consultado.

La segunda clasificación dice relación con la composición del tránsito que utiliza el ramal, identificándola por medio de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

**Caso A.** Predominan los vehículos ligeros L, considerando el paso eventual de camiones o buses-C.

**Caso B.** La presencia de vehículos tipo C es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total.

Eventualmente circulan vehículos articulados en muy baja proporción.

**Caso C.** Los vehículos tipo C son más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

La Tabla 6.02.104 A, REDEVU, resume los anchos que deben adoptarse según sea la hipótesis combinada de tipo de operación y tránsito que corresponda, a partir de los casos antes enumerados. Se considera además el efecto del radio mínimo del ramal de giro, con sus velocidades máximas asociadas.

La parte inferior de la tabla indica las variaciones que pueden introducirse a los anchos base según sea las características del terreno adyacente al pavimento.

**Tabla 2.5.7**

Ancho del pavimento en ramales (Tabla 6.02.104A de REDEVU)

Ancho del Pavimento en m, para:									
R	CASO I			CASO II			CASO III		
Radio del borde interior del pavimento (borde derecho en el sentido de avance) (m)	1 pista de un solo sentido de circulación, sin permitir el adelantamiento			1 pista de un solo sentido con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado			2 pistas de un solo sentido o de doble sentido de circulación		
	Condiciones del Tráfico								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	4.80	5.10	6.00	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90	11.10
22.50	4.50	4.80	5.40	6.00	6.60	7.50	8.40	9.10	10.20
30	4.20	4.80	5.10	5.70	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90
45	3.90	4.50	4.80	5.40	6.00	6.90	7.80	8.70	9.30
60	3.90	4.50	4.80	5.40	6.00	6.60	7.80	8.40	8.70
90	3.50	4.50	4.50	5.00	5.70	6.30	7.50	8.10	8.40
120	3.50	4.00	4.50	5.00	5.70	6.30	7.50	8.10	8.40
150	3.50	4.00	4.50	5.00	5.70	6.30	7.50	8.10	8.10
Recta	3.50	4.00	4.50	4.70	5.40	6.00	6.50	7.00	7.00
Soleras y Bermas que modifican los anchos anteriores									
<b>Solera en un lado</b>	Añadir 0.30 m			Sin modificación			Añadir 0.30 m		
<b>Id. a los dos lados</b>	Añadir 0.50 m			Añadir 0.30 m			Añadir 0.50 m		
<b>Berma estabilizada a uno o ambos lados</b>	Sin modificación			Deducir ancho de la solera; ancho mínimo pavimento como en el Caso I			Deducir 0.60 donde la verba sea de 1.20 m como mínimo		

#### 2.5.5.4.5 Terminales Simples

Uno de los puntos claves en el diseño de una intersección es aquél donde las calzadas de las vías que se interceptan, anteriormente limitadas según sus secciones tipo normales, se abren para permitir giros a la derecha, o allí donde dicha calzada recupera la sección normal, después de haber forzado el ingreso de los vehículos a la calzada correspondiente. Estos puntos reciben el nombre genérico de "terminales", pudiendo distinguirse los de entrada y salida, según sea la operación que sirven.

Además de esta división básica, es preciso distinguir los terminales en función del tipo de maniobra que se pretende que ellos puedan atender.

En efecto, terminal de salida puede ser diseñado para permitir el egreso de un vehículo a una cierta velocidad, pero sin exigirse un esquema que permita a dicho vehículo reducir la suya en una superficie ajena a la calzada principal; o sea sin una pista de deceleración propiamente tal. O bien, si el terminal es de entrada, éste puede ser diseñado sin la provisión de una superficie anexa a la calzada, apta para acelerar el vehículo hasta una velocidad compatible con la del flujo; o sea, sin una pista de aceleración.

En los diseños urbanos, estos tipos simples de terminales son los más utilizados. Primero, porque la baja velocidad de diseño no justifica pistas auxiliares; segundo, porque éstas últimas requieren de espacios mayores, y tercero, en el caso de las pistas de aceleración, porque tales pistas presentan, salvo en los casos de vías expresas, más riesgos que ventajas a la circulación, siendo preferible un esquema de terminal simple, con "PARE" o "CEDA EL PASO" en sus extremos.

Las pistas de cambio de velocidad serán abordadas en el párrafo siguiente. En la lámina 6.02.105.A y B, REDEVU, se muestran varios tratamientos para terminales en los que se consideran velocidades de diseño para el giro de 30 y 40 km/h respectivamente.

#### 2.5.5.4.6 Pistas de Cambio de Velocidad

##### (1) Aspectos Generales

Cuando un conductor va a hacer un giro en una intersección, debe modificar su velocidad. Si se propone pasar de una vía a un ramal de giro, deberá disminuirla para adecuarla a las inferiores condiciones geométricas de este último, y si pretende acceder a una de las vías, proveniente de un ramal de giro, puede ser preferible aumentarla para hacerla compatible con las condiciones de flujo de aquella.

Para que estas operaciones, inherentes a toda intersección, se desarrollen con un mínimo de perturbaciones, se pueden diseñar pistas de cambios de velocidad. Estas son pistas auxiliares, sensiblemente paralelas a las vías desde las cuales se pretende salir, o a las cuales se pretende entrar, y que permiten acomodar la velocidad según las conveniencias expuestas.

Según sus funciones, éstas reciben el nombre de pistas de aceleración o pistas de deceleración.

A pesar de estas características en común, es necesario abordar el tratamiento de unas y otras con

enfoques teóricos distintos, puesto que la conducta del conductor, que es más o menos previsible para el caso de una pista de deceleración, lo es menos para una de aceleración, al requerir esta última una maniobra más compleja y peligrosa, y al estar dicha maniobra mucho más condicionada por las eventualidades del tránsito en la vía.

Dichos enfoques presentan algunas variaciones de un país a otro, pero en todo caso se reconoce que estos dispositivos son propios de carreteras más que de vías urbanas. En la ciudad, las pistas de cambio de velocidad son aplicables a vías expresas y ocasionalmente a alguna troncal, cuando ella tenga una

velocidad de diseño superior a 65 km/h, volúmenes de diseño altos (próximos a la capacidad), control parcial de accesos y características de la vialidad y propiedad circundante que lo permitan.

Desde el punto de vista de sus formas, las pistas de cambio de velocidad podrían agruparse en dos tipos: "en paralelo", cuando dicha pista discurre junto a la calzada de la vía, como si fuese una pista más de ella, hasta el momento de su separación o confluencia con la misma (ver 6.02.106(1) A 6.02.106(2) A, 6.02.106(3) B y 6.02.106(4) A, REDEVU); y "directa" cuando la pista incide o se desprende desde el borde de la vía de manera tal que dicho borde forma un ángulo con el borde izquierdo de la canalización, en el sentido del avance de los vehículos (Lámina 6.02.106(3) A, REDEVU).

En este último caso se forma una cuña de pavimento en la zona del empalme cuya longitud puede ser bastante menor que la requerida para los efectos del cambio de velocidad, por lo que el resto de la pista se debe desarrollar en un tramo que es totalmente independiente de la vía, antes de iniciarse la curvatura limitante de la canalización.

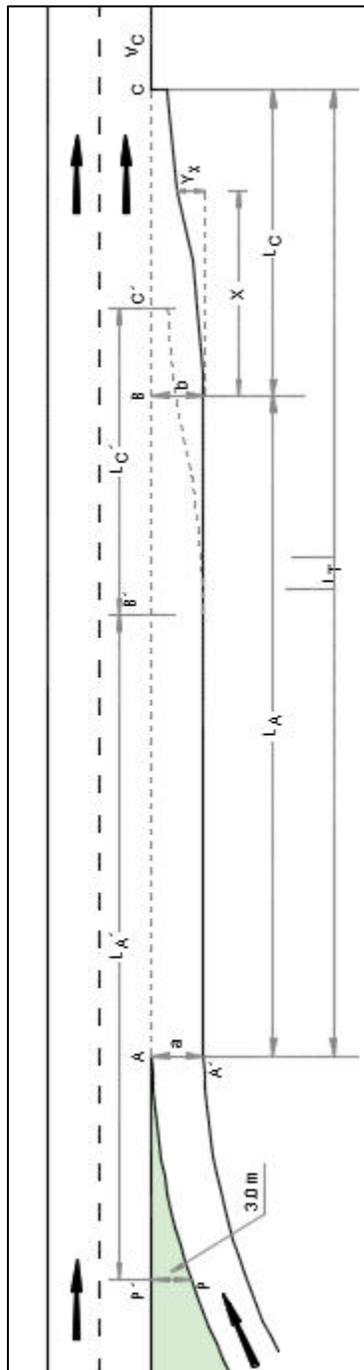
Estas alternativas presentan ventajas y desventajas según sea el tipo de maniobra que sirvan. Las pistas de tipo paralelo deberán ser preferidas para el caso de la aceleración, en el cual se desea una óptima retrovisión y la posibilidad de maniobrar (en curva – contracurva) para ingresar a la vía en cualquier momento en que se produzcan las condiciones adecuadas. Las pistas de tipo directo, en cambio, deberán preferirse en el caso de deceleración porque la maniobra de curva – contracurva no es tan natural y porque interesa clarificar la situación de salida mediante un diseño que sea claro para el conductor la función de la pista que se le ofrece, que es la de cambiar definitivamente de rumbo. Esto último será válido en el caso de las pistas de deceleración central, o sea, aquellas dispuestas entre las pistas de una vía, destinadas a detener y almacenar a los vehículos que giran a la izquierda. Tales pistas por su posición deberán ser paralelas.

No obstante estas recomendaciones, muchas circunstancias especiales pueden requerir otros diseños.

En la lámina 6.02.106(1) A se muestran los tipos básicos de pistas de deceleración y aceleración.

## **(2) Pistas de Aceleración**

Estas pistas de aceleración se preferirán, como ya se dijo, del tipo paralelo. En la lámina 6.02.106(2) A se muestra un ejemplo de ellas, para el caso de la vía en recta. Si la vía está en curva, el caso es idéntico, teniendo en cuenta que podrían ser necesarios sobrecanchos de pista en función del radio de curvatura.



**Figura 2.5-5**

Tipos de Pistas de Aceleración (Figura 6.02.106(2)A)

Su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente tal y de transición o cuña.

La tabla 6.02.106(2) A, REDEVU presenta los valores de LT en función de las velocidades de diseño de los ramales y de la vía. Los valores de LC son fijos para velocidades iguales o inferiores a 80 km (50 m) y para velocidades superiores a ésta (75 m).

Los valores LT y LA son válidos para inclinaciones longitudinales (i) comprendidas entre +3% y -3%, debiendo corregirse si éstas exceden dichos valores límites. En la Tabla 6.02.106(2) B, REDEVU, se entregan los factores que relacionan la longitud en pendiente (+) con la longitud en horizontal. En el caso de pendientes negativas, las correcciones sólo se hacen cuando se da el raro caso de una condición de parada previa al inicio de la pista de aceleración, puesto que en este caso se supone que el vehículo parte cuando tiene planificada su maniobra, que consiste solamente en acelerar. En cambio, si el vehículo marcha a la velocidad  $V_r$ , se impone el criterio de proveer al conductor de suficiente tiempo para adecuar su marcha a las circunstancias de su ingreso a la vía, lo cual supone no reducir la longitud de las pistas más allá de lo que ya han sido reducidas en relación a los valores rurales.

Las correcciones por pendiente se calculan sobre el total del valor LT de la tabla 6.02.106(2) A, REDEVU, pero la longitud adicional o la que haya que deducir, como resultado de la aplicación de los coeficientes que correspondan al caso, afectan sólo a la dimensión LA, permaneciendo LC fijo.

Si LT es menor que LC, vale como mínimo LC.

### (3) Pistas de Deceleración

En las láminas 6.02.106(3) A y B se determinan los tipos de pista de deceleración que contempla el presente Manual, distinguiéndose dos tratamientos distintos según las características geométricas del ramal.

#### a) Caso I: existe curva de transición de longitud $\geq$ que LD

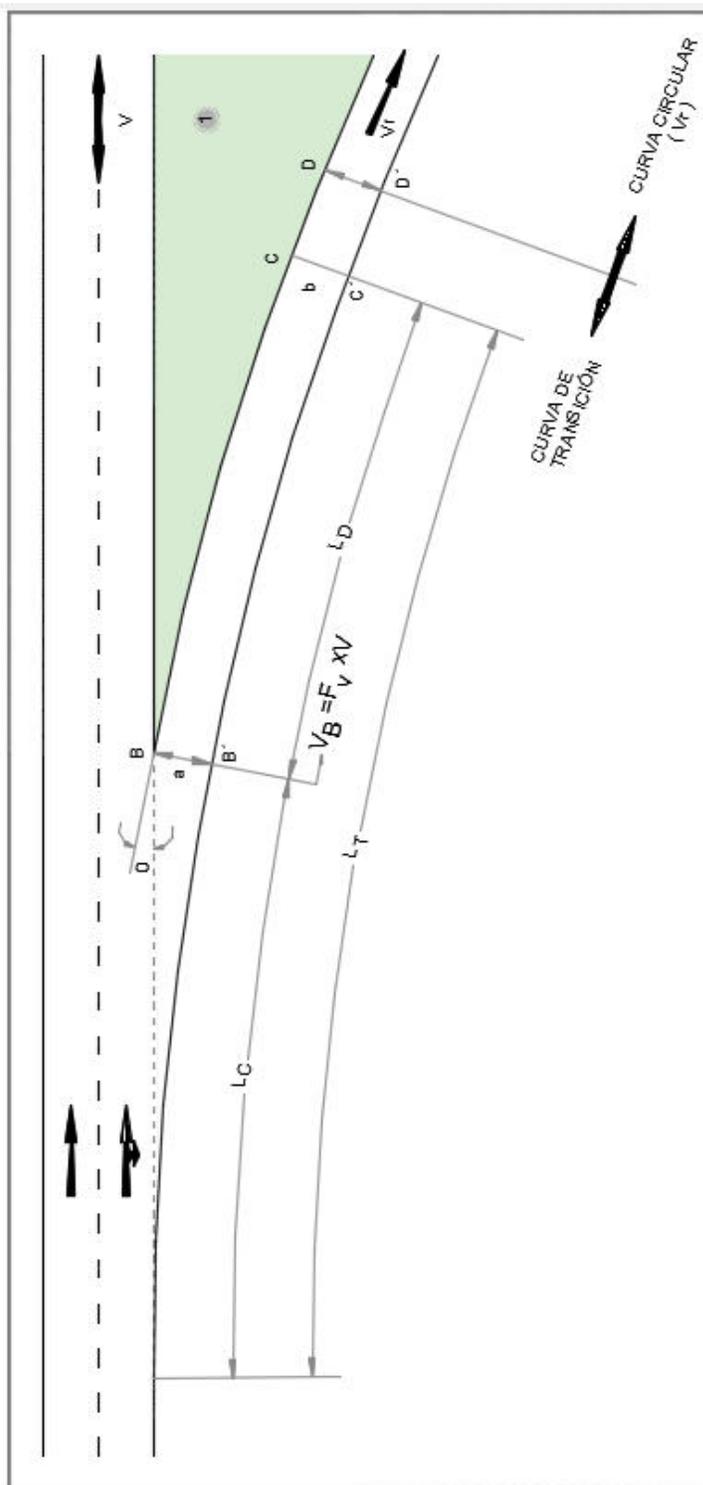
Este primer caso (lámina 6.02.106(3)A, REDEVU) es el de la geometría considerada mejor para estos dispositivos, o sea, cuando se puede hacer incidir la canalización sobre la vía con un ángulo ( $\theta$ ) que haga claramente perceptible su función.

La longitud total de una pista de deceleración (LT) es la suma de dos longitudes: LC y LD.

LC es el largo de la cuña o zona de transición ( $AB \cong AB'$  en la figura), que depende de la velocidad de diseño y cuyos valores son los que aparecen en la tabla 6.02.106(3) B, REDEVU.

Para fines del cálculo de la longitud de deceleración LD, se supone que al final de la zona de cuña

(BB'), el vehículo que usa este dispositivo de cambio de velocidad ha disminuido la suya hasta una fracción de V (FV), que aparece, en función de la misma VC, en la tabla 6.02.106(3) C. Los valores de FV disminuyen a medida que aumenta la velocidad de la vía, en parte porque LC es mayor y en parte porque cualquier maniobra de deceleración, sea ésta hecha aún dentro de la calzada principal o una vez dentro de la cuña, produce efectos mayores (y no lineales) en la medida que dicha velocidad inicial aumenta.



**Figura 2.5-6**

Pista de Deceleración Tipo Directa (Figura 6.02.106(3)A REDEVU)

b) Caso II: la curva de transición es menor que LD o no existe

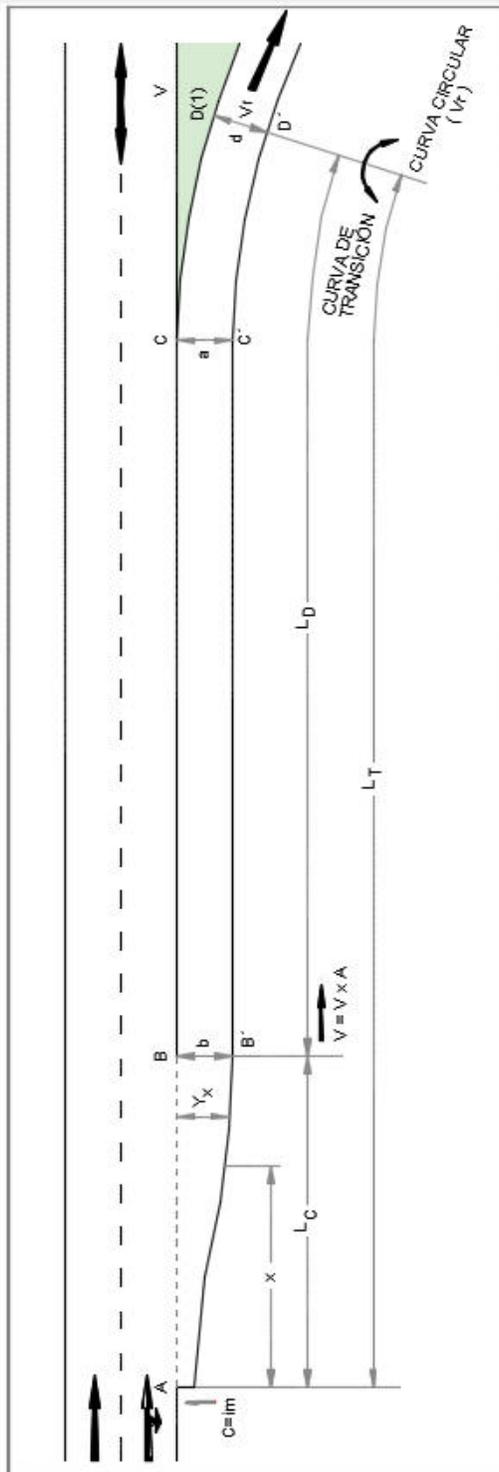


Figura 2.5-7

Pista de Deceleración Tipo Directa (Figura 6.02.106(3) B REDEVU)

Este caso obliga a una pista de deceleración en paralelo y se produce frecuentemente por las limitaciones de espacio que condicionan a estos diseños.

Si se proyecta una pista de deceleración de este tipo,  $\theta \approx 0$ . Esto significa que la canalización o ramal debe empalmar tangencialmente con el borde de la calzada de paso (punto C en la lámina 6.02.106(3) B).

**(4) Pistas Centrales de Deceleración y Espera.**

También se pueden diseñar pistas de deceleración para vehículos que giran a la izquierda desde las vías principales. Estas pistas se sitúan por lo general en el centro de la vía, entre las calzadas. Si la mediana tiene 4 o más metros de ancho será posible diseñar vías de deceleración central aprovechando este espacio sin necesidad de ensanches especiales en la calle.

En la lámina 6.02.106(4)A, REDEVU, se muestra una pista de este tipo. Las longitudes LC y LD son las de la Tabla 6.02.106(3)B, REDEVU y las de la lámina 6.02.106(3)CyD, REDEVU, respectivamente. A LC y LD hay que sumarle una longitud LE, o largo de la zona de espera, que depende del número de vehículos por hora que viran y que debe considerarse si existe condición de parada al final de la zona de deceleración, lo cual generalmente ocurre.

Si existe un semáforo en ese punto (D en la lámina 6.02.106(4) A, REDEVU), LE estará determinada por el cálculo del largo de la fila de vehículos que esperan en un ciclo.

Si existe una señal "PARE" LE tendrá el valor que le corresponda de la Tabla a continuación.

**Tabla 2.5.8**

Longitud adicional en pistas de deceleración (Tabla 6.02.106 (4) A REDEVU)

N° vehículos / Hora que giran	<30	120	>300
Longitud Adicional (m)	20	40	80

**2.5.5.4.7 Tratamiento de Puntas en Empalmes**

Allí donde flujos de tránsito deban bifurcarse o confluir y las velocidades de diseño sean altas, se requiere diseños especiales de la zona triangular que sigue a la abertura de una calzada en dos o antecede a la unión de dos de ellas. Esta zona recibe el nombre de "punta" y aunque es válido lo dicho en el acápite anterior con respecto al tratamiento de los extremos de las islas, es preciso hacer algunas consideraciones adicionales, las cuales se presentarán a continuación.

Dentro de la zona en cuestión, se llama "nariz" al punto en el cual el ramal y la vía quedan independientes la una de la otra, lo cual ocurre a una cierta distancia del punto donde se separan las calzadas. La "punta" es, entonces, precisamente la zona comprendida entre ambos puntos y que es susceptible de ser invadida por usuarios que maniobran en sus proximidades.

**a) Puntas en Empalmes de Salida**

Un empalme que consulte pistas de deceleración debe tener su nariz retranqueada con respecto a la línea del borde del pavimento, con el fin de minimizar la probabilidad de su embestida por los vehículos. Más allá de la nariz, una cuña gradual debe permitir, a los usuarios que han entrado equivocadamente a la pista de deceleración, regresar a la calzada principal. Es preferible utilizar soleras en las narices, con el fin

de mejorar la visibilidad, redondearlas mediante círculos de 0,5m a 1,0m y pintarlas adecuadamente para enfatizar la demarcación pertinente.

En la lámina 6.02.108,(2) A, REDEVU, este retranqueo aparece designado con la letra C. Su dimensión depende de la longitud y forma del pavimento auxiliar que configura la superficie de la punta y que está limitado por dicha nariz.

Para una salida del tipo directa (líneas gruesas en la figura I de la lámina), los retranqueos deben estar entre 1,2m y 3,5m y mientras más larga y gradual sea la salida, más largo el pavimento auxiliar de la cuña de la nariz.

Si existe pista de deceleración en paralelo (línea de puntos), el valor de C debe ser aproximadamente igual al ancho de las pistas de paso involucradas.

La tabla 6.02.108(2) A, REDEVU, entrega las longitudes deseables (Z) de la cuña de la nariz, que debe ser al menos revestida. Se supone que en estas distancias un conductor que ha errado el camino y decide volver a la calzada principal puede hacerlo sin salirse de la superficie tratada.

**Tabla 2.5.9**

Tabla 6.02.108(2) A REDEVU

V km/h, en la vía principal	Z (m) Longitud por metro de retranqueo de la nariz
50	7
60	9
70	10
80	11
90	13
100	14

No se debe disponer barreras de seguridad en las proximidades de una nariz, salvo que su diseño asegure una adecuada amortiguación de un eventual golpe.

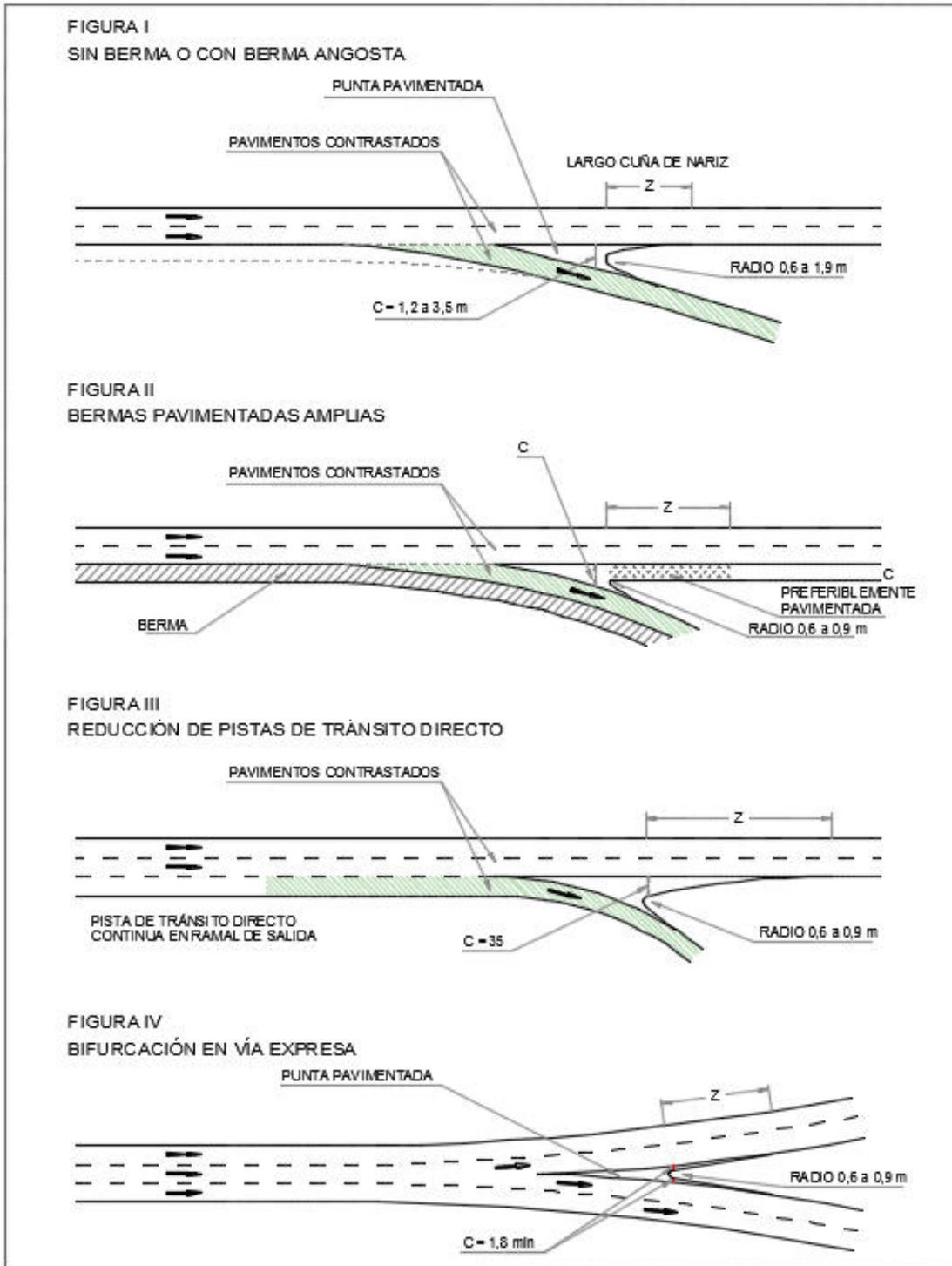
**b) Puntas en Empalmes de Entrada**

En empalmes de entrada la nariz convergente de la isla de canalización debe ser lo más pequeña posible. En el caso que se empleen soleras, la nariz debe redondearse en un radio de 0,30 a ,45m. Cuando no se usen soleras, los correspondientes bordes del pavimento deben converger y cortarse en un ángulo agudo. Siempre que sea posible, el borde del pavimento del ramal debe alinearse casi paralelamente con la carretera principal.

Cuando la canalización tiene limitación de espacio, el largo y radio del ramal de giro pueden no ser suficientes para obtener el "casi paralelismo" con la carretera principal. En estos casos la nariz convergente de la isla de canalización es la simple intersección de los bordes del pavimento, redondeada o cuadrada a una dimensión práctica.

Cuando el tránsito converge hacia la vía principal a alta velocidad, y siempre que sea posible, es deseable realizar ajustes de alineación y/o ancho en el terminal de entrada.

El caso I de la lámina 6.02.108(3) A, REDEVU, muestra el trazado típico de un terminal de entrada con pista de aceleración, de tipo paralelo (zona con puntos). Si el pavimento del ramal corresponde al caso I de la tabla 6.02.104.A. REDEVU, éste se mantiene uniforme hasta la nariz convergente (en la figura se designa con W1). Si el ancho de pavimento corresponde al caso II de la misma tabla (W2 en la figura A), éste preferiblemente debe estrecharse en la nariz al ancho W1, para evitar que los vehículos entren abiertamente a la carretera, obligándolos a hacer uso de una sola pista después de la nariz. Este estrechamiento se lleva a cabo ajustando preferiblemente el borde izquierdo del ramal; también puede hacerse ajustando el borde derecho.



**Figura 2.5-8**

Puntas en Empalmes de Salida (Figura 6.02.108(2)A REDEVU)

El estrechamiento de ancho del pavimento debe comenzar con anterioridad a la nariz convergente en una longitud (F) que permita a los conductores acomodar lateralmente su rumbo a medida que se acercan al punto más angosto. En la tabla 6.108.(3) A, REDEVU se indican las longitudes mínimas en que debe

realizarse el estrechamiento del pavimento en terminales de entrada, en función de la velocidad de operación y de la reducción de ancho.

**Tabla 2.5.10**

Longitudes para reducción de ancho de pavimento en puntas convergentes (Tabla 6.02.108 (3) A REDEVU)

		Reducción de Ancho (m)				
		1.20	1.80	2.40	3.00	3.60
F (m)	Mínimo <sup>(1)</sup>	120	180	240	300	360
	Deseable <sup>(2)</sup>	180	270	360	450	540

(1) Mínimos corresponden a velocidades de operación de 36 km/h

(2) Deseables corresponden a velocidades de operación de 48 km/h

En la figura III se muestra el diseño de dos vías de dos pistas cada una, que convergen a una sola de tres pistas. Debido a la alta velocidad que este diseño implica, las alineaciones deben formar un ángulo muy agudo, de razón aproximada 50:1, para obtener un estrechamiento gradual de cuatro pistas a tres pistas.

<b>3</b>	<b>DISEÑO UNIVERSAL EN EL ESPACIO PÚBLICO</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>4</b>
<b>3.4</b>	<b>DEFINICIONES</b>	<b>5</b>
<b>3.5</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>7</b>
<b>3.6</b>	<b>TIPOS DE DISCAPACIDAD</b>	<b>7</b>
	PERSONAS MOVILIDAD REDUCIDA (PMR)	7
	PERSONAS CON DISCAPACIDAD TEMPORAL O PERMANENTE (PCD)	8
	Personas con discapacidad física	8
	Personas con discapacidad sensorial	8
	Personas con discapacidad intelectual o psíquica	8
	Comunicación	8
<b>3.7</b>	<b>ANTROPOMETRÍA</b>	<b>8</b>
<b>3.8</b>	<b>CONDICIONES DEL ESPACIO PÚBLICO</b>	<b>11</b>
3.8.1	ACERAS	11
3.8.1.1	Veredas	11
3.8.2	RUTA ACCESIBLE	11
3.8.2.1	Plano Accesibilidad	13
3.8.2.2	Memoria de accesibilidad	17
3.8.3	PAVIMENTO PODOTÁCTIL	20
3.8.3.1	Pavimento podotáctil de alerta	20
3.8.3.2	Pavimento podotáctil avance seguro	21
3.8.4	CRUCE PEATONALES	22
3.8.4.1	Rebaje de Solera Peatonal	22
3.8.4.2	Vereda Continua	36
3.8.4.3	Encuentro Calle-Pasaje	37
3.8.4.4	Accesos y salidas vehiculares	32
3.8.5	RAMPAS	38
3.8.5.1	Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo superior a 1.5m	39
3.8.5.2	Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo inferior a 1.5m	40
3.8.5.3	Rampas con pendiente entre el 5% y el 7.9%	41
3.8.6	PLANOS INCLINADOS	41

3.8.7	MOBILIARIO URBANO	41
3.8.7.1	Escaños	42
3.8.7.2	Pilotes o Bolardos	42
3.8.7.3	Árbolado Urbano	43
3.8.7.4	Rejas, Rejillas, Sumideros Alcorques y Otros	43
3.8.7.5	Juegos Infantiles	43
3.8.8	CALZADA Y ACERA AL MISMO NIVEL	43
<b>3.9</b>	<b>PARADEROS</b>	<b>44</b>
3.9.1	ANDÉN DE LOCOMOCIÓN COLECTIVA EN ACERAS	44
3.9.1.1	Andén Alejado de la Vereda	44
3.9.1.2	Andén Adosado a la Vereda	45
3.9.1.3	Andén con Desnivel Respecto a la Vereda	40
3.9.1.4	Andén con informacion gráfica	46
3.9.2	ANDÉN DE LOCOMOCIÓN COLECTIVA EN MEDIANAS	47
3.9.2.1	Andén con Salida por Ambos Lados	48
3.9.2.2	Andén con Salida por un Solo Lado	51
<b>3.10</b>	<b>MEDIANAS</b>	<b>55</b>
3.10.1	MEDIANAS DE ANCHO INFERIOR A 6M	55
3.10.2	MEDIANAS DE ANCHO SUPERIOR A 6M	56
3.10.3	MEDIANAS CON PASO PEATONAL EN SENTIDO LONGITUDINAL	57
<b>3.11</b>	<b>CICLOVÍA</b>	<b>58</b>

### 3 DISEÑO UNIVERSAL EN EL ESPACIO PÚBLICO

*“El diseño Universal Busca estimular el desarrollo de productos atractivos y comerciales que sean utilizables por cualquier tipo de persona, Está orientado al diseño de soluciones ligadas a la construcción y al de objetos que respondan a las necesidades de la amplia gama de usuarios” (Ron Mace, 1941/1998, creador termino diseño Universal)*

En el año 2008 Chile ratificó la Convención Internacional sobre los derechos de Personas con Discapacidad de la Naciones Unidas y su protocolo facultativo, donde se compromete a adoptar medidas efectivas y pertinentes para facilitar la plena inclusión y participación en la comunidad de todas las personas con discapacidad. Posteriormente en el año 2010 entra en vigencia la ley 20.422 que establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad.

Ambas normativas recalcan un cambio de mirada hacia las personas con discapacidad, donde se postula que es el entorno quien genera el grado de discapacidad. Si se eliminan las barreras las personas con discapacidad podrán avanzar y desenvolverse en forma plena.

Basado en esto, en el alcance que tiene SERVIU Metropolitano referente a este tema, y enmarcado en la normativa vigente, se crea el presente capítulo de Diseño Universal en el espacio público.

#### 3.1 ALCANCE

*“Para la mayoría de nosotros el diseño es invisible hasta que falla” (bruce Mau, diseñador canadiense)*

Los criterios de diseño contenidos en el presente manual serán de carácter obligatorio para todo proyecto u obras que se ejecuten en las calles de tuición del SERVIU Metropolitano, sean con financiamiento público o privado, en concordancia con la legislación vigente.

#### 3.2 MARCO LEGAL

*“Un buen diseño capacita, un mal diseño discapacita” (declaración Estocolmo, 9 de mayo 2004)*

El presente documento tiene por objeto guiar la formulación de propuestas y soluciones tendientes a facilitar el desplazamiento de los peatones en cualquier condición, y se enmarca en el siguiente contexto normativo.

- **Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad**, (Septiembre 2008)  
Compromiso adquirido a nivel país, como consta en el Decreto Nº 201 del 17 de septiembre del 2008 del Ministerio de Relaciones Exteriores, el cual promulga la suscrita por el Estado de Chile, donde se busca promover y proteger los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad. Este tratado internacional señala además, que todos los estados parte se comprometen a adoptar medidas efectivas y pertinentes para facilitar la plena inclusión y participación en la comunidad de todas las personas con discapacidad.
- **Ley Nº 20.422** (Febrero 2010)  
Establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad y define entre otros, los conceptos de Accesibilidad, Diseño Universal, Entorno y Persona con Discapacidad.

- **Convenio de Colaboración MINVU – SENADIS** (Octubre 2012)  
A nivel de Ministerio, se firma el Convenio de Colaboración, junto con el Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS), donde ambas partes, dentro de sus facultades y competencias se comprometen a tomar las medidas necesarias para asegurar el derecho a la igualdad e inclusión social de las personas con discapacidad, contribuyendo a la adecuada implementación de la ley N°20.422, especialmente en materia de accesos al entorno físico.
- **NCh 3269-2013** (Abril 2013)  
Criterios de diseño Accesibilidad Universal en la edificación y en los espacios de uso público.
- **NCh 3271-2012** (Agosto 2012)  
Criterios DALCO para facilitar Accesibilidad Universal.
- **Ley N° 8.946 y sus modificaciones**  
Fija las leyes de Pavimentación Comunal
- **D.S. N°50** (Febrero 2016)  
Modifica D.S.N°47 de Vivienda y Urbanización de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en el sentido de actualizar las normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad.
- **D.S. N° 411 MOP** (Abril 1948)  
Reglamento sobre conservación, reposición de pavimentación y trabajos por cuenta de particulares.

### 3.3 BIBLIOGRAFÍA

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- Expediente de accesibilidad 2016 enviado por SENADIS
- Ley N°20.422 Establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad.
- Norma Chilena N°3269 Accesibilidad Universal en la edificación y en los espacios de uso público- criterios generales de diseño.
- Norma Chilena N° 3271-2012 Criterios DALCO, para facilitar la Accesibilidad Universal.
- Convención Sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad.
- Manual de Accesibilidad Universal, Ciudades y espacios para todos – Corporación Ciudad Accesible y SENADIS.
- Recomendaciones para el uso correcto del lenguaje en temas relacionados con Discapacidad – SENADIS.
- Discapacidad y Diseño Accesible – Arquitecto Jaime Huerta Peralta.
- Accesibilidad al Medio Físico y Transporte – Universidad Nacional de Colombia.
- Manual Técnico de Accesibilidad - Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ciudad de México.

### 3.4 DEFINICIONES

*"El objetivo de un creador de entorno, es hacer la vida más humana" (Alvar Aalto, Arquitecto)*

- **Accesibilidad universal:** "Es la condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos o instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas, en condiciones de seguridad y comodidad, de la forma más autónoma y natural posible." (Ley N°20.422 , 2010, p1)
- **Acera:** "Parte de una vía destinada principalmente para circulación de peatones, separada de la circulación de vehículos." (OGUC, actualizada a marzo 2016, p GEN1-3)
- **Andén:** Plataforma utilizada para la espera de locomoción colectiva.
- **Antropometría:** Tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano. (Real Academia Española,2016)
- **Alcorque:** Tapa o rejilla que se coloca sobre la taza de los árboles con el fin de proteger las raíces.
- **Barreras urbanísticas:** "Impedimentos u obstáculos físicos que se encuentran en las vías y espacio público, que limitan o impiden la libertad de movimientos y autonomía de las personas." (Manual de accesibilidad universal, 2010, p 16)
- **Bolardo:** Elemento hincado en el suelo, destinado principalmente para proteger al peatón del tráfico vehicular, y o para evitar estacionamiento de vehículos.
- **Calzada:** Corresponde al espacio comprendido entre soleras, destinado a la circulación de vehículos.
- **Diseño universal:** "La actividad por la que se conciben y proyectan, desde el origen, entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos, instrumentos, dispositivos o herramientas, de forma que puedan ser utilizados por todas las personas o en su mayor extensión posible." (OGUC, actualizada a marzo 2016, p GEN1-8)
- **Escaño:** Mobiliario urbano que se utiliza para sentarse, destinado al descanso y la permanencia.
- **Huella podotáctil:** "Recorrido en pavimento con texturas en sobre relieve y contraste cromático respecto del pavimento circundante, destinada a guiar y /o en los cambios de dirección o nivel en la circulación peatonal."(OGUC, actualizada a marzo 2016, p GEN1-12)
- **Planta de accesibilidad:** plano que muestra de manera clara la ruta accesible y sus áreas de giro en los proyectos, junto a todos los elementos urbanos que se contemplan.
- **Plano inclinado:** corresponde a pendientes inferiores al 5%.
- **Pistas:** faja demarcada o imaginaria, destinada al tránsito de una fila de vehículos.
- **Rebaje de solera peatonal:** Rebaje de solera utilizado en cruces peatonales, que cuenta con una plataforma inclinada, libre de obstáculos, para salvar el cambio de nivel entre la calzada y la vereda.

- **Rampa:** Plataforma Inclined libre de obstáculos, utilizada para salvar cambio de nivel, en forma suave y continua, con una pendiente que va entre el 6% y el 12%, sin peldaños, en cualquier situación que lo requiera.
- **Ruta accesible:** "Parte de una vereda o de una circulación peatonal, de ancho continuo, apta para cualquier persona, con pavimento estable, sin elementos sueltos, de superficie homogénea, antideslizante en seco y en mojado, libre de obstáculos, gradas o cualquier barrera que dificulte el desplazamiento de su recorrido." (OGUC, actualizada a marzo 2016, p GEN1-21)
- **Vereda:** Corresponde a la parte pavimentada de la acera.

### 3.5 CRITERIOS

*“La discapacidad es la desarmonía con el entorno, en la que ambos elementos, entorno y persona, son responsables de los esfuerzos que se hagan atenuarla o compensarla” (Stephen Hawking, Científico)*

- Eliminar las barreras urbanísticas, con el fin de lograr un espacio público inclusivo, volver accesible la mayor cantidad de espacios con el fin de que puedan ser utilizados por todos, sin limitaciones.
- Eliminar los esfuerzos innecesarios, para facilitar el uso.
- Garantizar la continuidad de Rutas Accesibles, libres de obstáculos, con el fin que todas las personas, independiente de sus capacidades físicas o psicomotoras, puedan circular por la ciudad de manera segura y lo más autónoma posible.
- Entender que la accesibilidad debe ser parte integrante de un proyecto desde sus inicios y no un agregado posterior.
- Aplicar el concepto de Diseño Universal, como un diseño inclusivo, esto quiere decir, como un diseño para “todos” y no excluyente.
- Definir criterios mínimos para el diseño del espacio público, donde se garantice el desplazamiento autónomo y seguro a todos los usuarios.

### 3.6 TIPOS DE DISCAPACIDAD

*“No se la discapacidad lo que hace difícil la vida, sino los pensamientos y acciones de los demás” (María del Carmen Azuara de Curi, Titular del voluntariado de la secretaria de educación, México)*

*Manual de Accesibilidad Universal (2010) indica:*

Cuando se habla de cifras y porcentajes se considera normalmente que un 12% de la población tiene algún tipo de discapacidad permanente. Si se incluyen a este porcentaje, las Personas con Movilidad Reducida (PMR) y Personas con Discapacidad Temporal, la cifra aumenta notablemente.

#### **Personas Movilidad Reducida (PMR)**

- Mujeres embarazadas
- Mayores de 60 años (Adulto Mayor) con reflejos y capacidad física disminuidas
- Enfermedades limitantes como artritis, reumatismo, enfermos cardiacos etc.
- Personas que llevan coches de paseo o bultos pesados
- Personas obesas
- Personas en rehabilitación post quirúrgica.

## Personas con Discapacidad Temporal o Permanente (PcD)

### Personas con discapacidad física

- El semi-ambulatorio, quien tiene la capacidad de ambular y actividades asociadas en forma parcial.
- El no ambulatorio, cuyo desplazamiento puede ser logrado con silla de ruedas.

### Personas con discapacidad sensorial

- La sordera corresponde a un resto auditivo imposible de amplificar, requiere una alternativa visual e iluminación adecuada que permita visualizar claramente diferentes alternativas de comunicación.
- El hipoacúsico presenta un resto auditivo que puede ser rehabilitado, requiere de acondicionamiento acústico del entorno, sistema de sonorización asistida y duplicación de la información verbal a través de gráficas o señales luminosas.
- La ceguera, presenta la pérdida total de la capacidad de ver, requiere espacios libre de riesgos, información táctil y auditiva que permita la suplencia sensorial.
- La disminución visual, o baja visión (sea leve, moderada o severa), puede presentar dificultad para percibir los colores, disminución del campo visual, etc.; requiere una iluminación que potencie su resto visual útil, colores contrastantes como elementos de orientación y un tamaño adecuado de la información gráfica y escrita.

### Personas con discapacidad intelectual o psíquica

- Deficiencia mental de causa psíquica: Es aquella que presentan las personas que padecen trastornos en el comportamiento adaptativo, previsiblemente permanentes, derivada de una enfermedad psíquica.
- Deficiencia mental de causa intelectual: Es aquella que presentan las personas cuyo rendimiento Intelectual es inferior a la norma en test estandarizados.

### Discapacidad Comunicacional

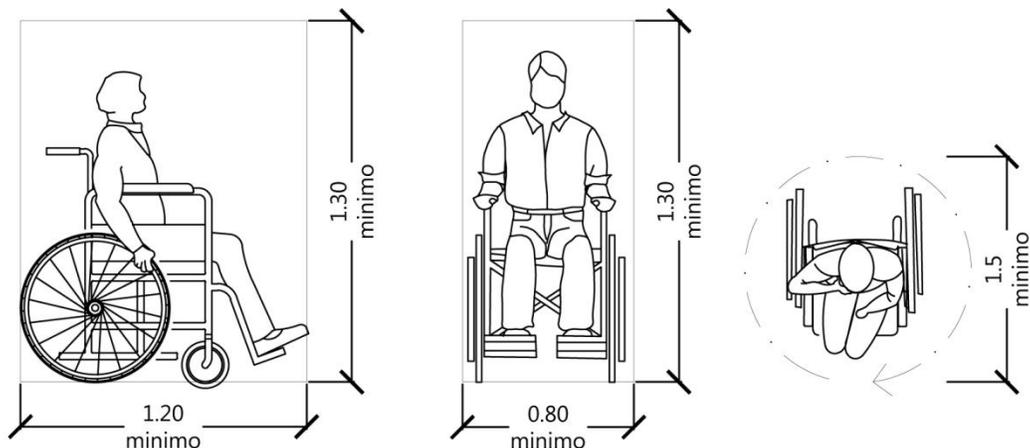
- Verbal
- Analfabetismo

## 3.7 ANTROPOMETRÍA

*“Así tengamos 8 u 80 años, queremos que el mundo funcione para uno” (Unlimited by design)*

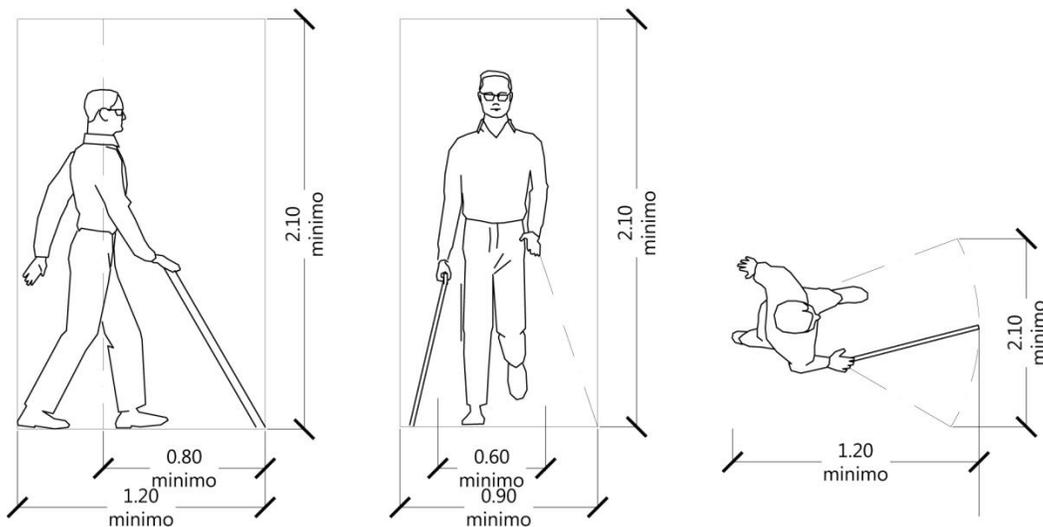
Con la finalidad de mostrar claramente y de manera didáctica los conceptos y criterios para definir las condiciones para el diseño del espacio accesible, se incluye a continuación una serie de esquemas gráficos, en los cuales se muestra las dimensiones mínimas requeridas para el uso cómodo y seguro del espacio.

Un usuario de silla de ruedas, con desplazamiento autónomo utiliza un espacio de 1.2m de largo por 0.8m a 0.9 m de ancho, por otra parte si la persona es asistida por un acompañante que le "empuje" la silla este largo aumenta a 2.0m. Además se debe considerar que el diámetro de giro mínimo requerido de una silla de ruedas es de 1.5m.



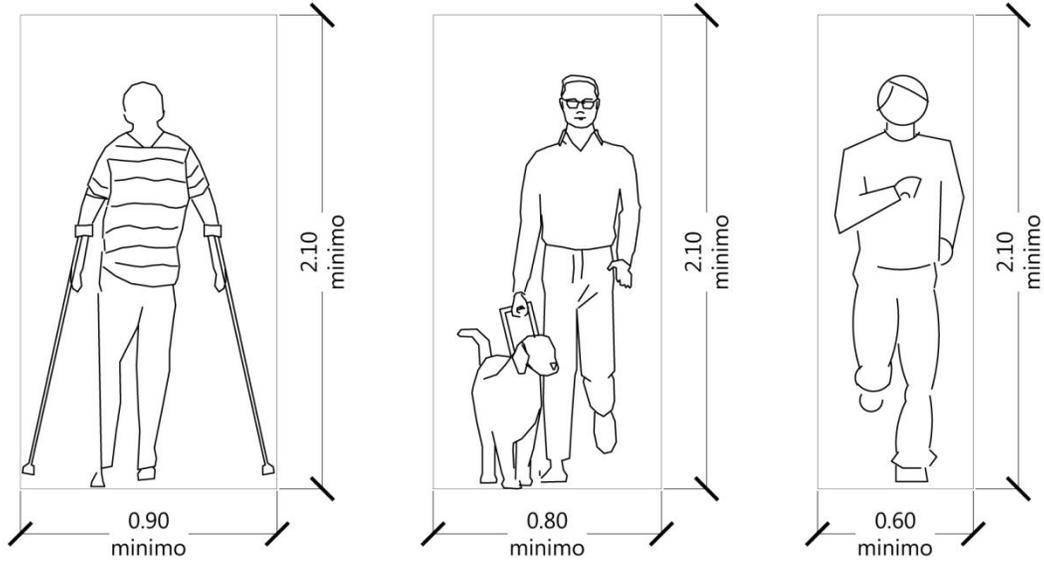
**Figura 3.7-a**  
Persona en silla de ruedas

Una persona con discapacidad visual que se desplaza utilizando bastón requiere un espacio mínimo de 0.9m de ancho por 1.2m de largo.



**Figura 3.7-b**  
Persona con bastón

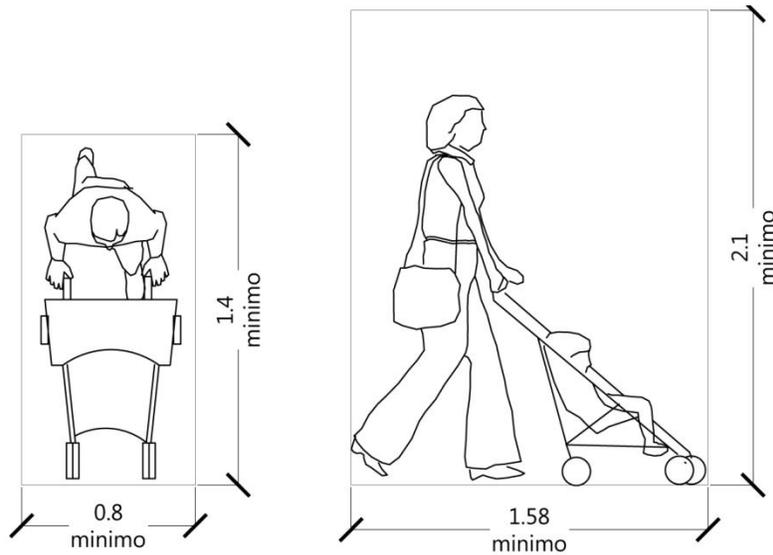
Una persona con discapacidad que se desplaza con la ayuda de muletas requiere un espacio mínimo de 0.9m de ancho para poder desplazarse de manera cómoda y segura. Por otra parte la persona que necesita la asistencia de un perro guía utilizará un espacio mínimo de 0.8m de ancho.



**Figura 3.77-c**

Persona muletas, perro guía y sin limitaciones.  
Persona con coche

Una persona que se desplaza por la ciudad con un coche de bebé, utiliza un espacio de al menos 0.8m de ancho por 1.4m de largo.



**Figura 3.77-d**

Persona con coche

### 3.8 CONDICIONES DEL ESPACIO PÚBLICO

*“La discapacidad resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a las actitudes y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igual condiciones con los demás” (convención de los derechos de las personas con discapacidad, Naciones Unidas, 2008)*

#### 3.8.1 Aceras

Las aceras corresponden al espacio comprendido entre la línea de cierre y la solera, se encuentra elevada respecto de esta última, con el fin de segregar los espacios ocupados por peatones y vehículos. Es el espacio donde se desarrolla la gran mayoría de las actividades ciudadanas.

##### 3.8.1.1 Veredas

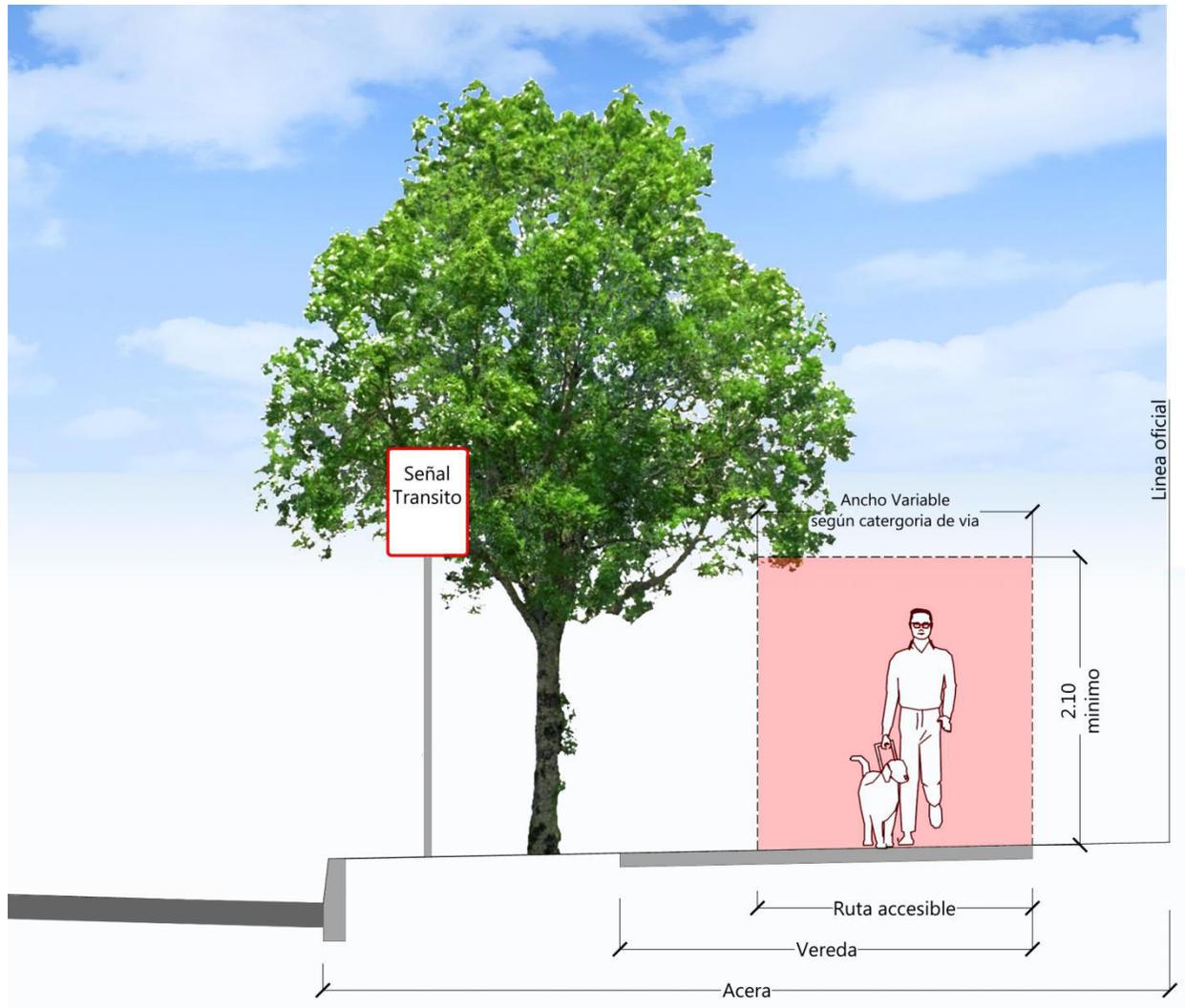
Corresponde a la parte pavimentada de la acera, utilizada para el tránsito de peatones en la ciudad, ésta deberá ser de un material antideslizante estable. Su ejecución dependerá del material a utilizar y deberá realizarse según lo especificado en el **Capítulo N° Especificaciones técnicas de aceras** del Presente documento.

La vereda, para considerarse accesible, debe cumplir con lo siguiente:

- El ancho mínimo de la vereda será según el tipo de vía y lo estipulado en el *Artículo 3.2.5 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción vigente*.
- La pendiente transversal será de un 2% hacia la calzada, para permitir el escurrimiento de las aguas y al mismo tiempo permitir el correcto traslado de los peatones, exceptuando casos especiales, como los accesos a servicios de salud

#### 3.8.2 Ruta Accesible

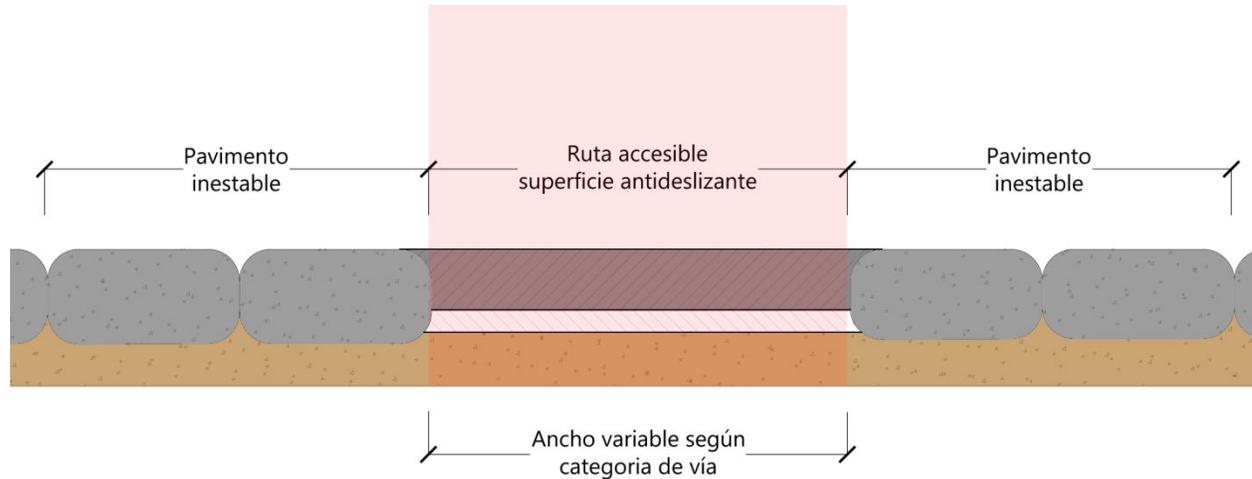
La vereda deberá contar con una Ruta Accesible, que permitirá la circulación fluida de todas las personas, tanto aquellas con discapacidad como el público general. Esta ruta tendrá un ancho continuo correspondiente al ancho de la vereda según la categoría de la vía y en casos justificados podrá tener un ancho mínimo de 1.2m por 2.1m de alto. Esta área estará totalmente libre de obstáculos, gradas, desniveles y resaltes.



**Figura 3.8.2**

Ruta accesible según categoría de la vía

- En los costados de la ruta accesible o una circulación peatonal no podrán existir desniveles mayores a 0.30m sin estar debidamente protegidos según lo indicado en el *Artículo 2.2.8 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*.
- Bajo ningún punto podrá ser de un material que presente dificultades para el desplazamiento. En caso de estar emplazado en zonas de carácter patrimonial o donde sea imprescindible el uso de dichos materiales, como por ejemplo lo es adoquín, esta Ruta Accesible considerará un cambio de pavimento, el que deberá ser estable, liso, antideslizante y libre de obstáculos, a lo ancho y largo de esta ruta.



**Figura 3.88.1**

Ruta accesible – superficie antideslizante

- En caso de considerar bancos o escaños al costado de la ruta accesible, éstos deberán ubicarse al costado de la ruta teniendo especial cuidado en que el escaño en uso no interfiera con la ruta.
- Cuando existan accesos vehiculares, se debe poner especial atención, en que la pendiente del acceso no altere las condiciones de la vereda, señaladas anteriores, y que por ningún motivo interfieran con la Ruta Accesible, ya sea por su pendiente o su materialidad.
- Cuando existan elementos tales como rejillas, tapas de registro, juntas estructurales, de dilatación o cualquier otro elemento de estas características dentro del área de circulación, deberán estar a nivel y no podrán tener separaciones mayores a 0.015m; en caso que un elemento cuente con barras o rejas, éstas se deberán ubicar de manera perpendicular al recorrido, nunca en forma paralela, esto para evitar atascos, y accidentes a los usuarios.
- Cuando dentro de la ruta accesible existan interferencias como ramas de árboles, las cuales estén bajo los 2.1m el encargado de la ejecución de la obra deberá considerar la poda y la mantención de ésta, hasta la entrega de la obra.
- En las circulaciones peatonales al **interior de espacios públicos tales como plazas y parques**, la ruta accesible tendrá un ancho continuo mínimo de 1.5m por 2.1m de alto.

### 3.8.2.1 Plano Accesibilidad

*Documento técnico de referencia DTR accesibilidad (2016) 0011010 de SENADIS indica:*

Todo Proyecto que intervenga el espacio público, en al menos una cuadra completa deberá incluir una "Planta de Accesibilidad", plano en el que se graficará, a escala, el trazado de la Ruta Accesible.

Este plano permitirá dar cuenta de la implementación de las exigencias normativas y las medidas incorporadas en el proyecto, la función principal es dar cuenta de la existencia y operatividad de la ruta accesible y las conexiones entre los flujos que vienen en otras direcciones.

Deberá indicar la posición y dimensión a escala, de la totalidad de los elementos que conforman el proyecto con la siguiente información:

- En Plano esta Ruta se graficarán como un recorrido de circuitos interconectados de manera lógica y continua que permitirá recorrer el proyecto. Considerará los anchos mínimos de diseño establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción según corresponda.
- En donde exista cambio de dirección se deberá graficar claramente que se puede realizar un giro en 360° considerando un radio de giro con una circunferencia de diámetro 1.5m correspondiente al mínimo necesario para realizar la maniobra.
- Cruces de esquinas, rebajes de vereda según corresponda, con el tipo de rebaje definido claramente.
- Cotas y cambio de nivel.
- Planos inclinados y/o rampas indicando la pendiente y su longitud y pavimento de alerta.
- Tipo de pavimentos.
- Huella podotáctil, si hubiera.
- Todos los elementos tanto existentes como proyectados que compongan el proyecto, ya sea mobiliario urbano, equipamiento, postes, señales, grifos, árboles, etc. con el fin de asegurar que la Ruta Accesible este realmente libre de obstáculos.
- Juegos accesibles en caso de existir área de juegos.
- Semáforos con dispositivo APS si el proyecto lo contemplase ( según Ordenanza General de Urbanismo y Construcción)
- Se presentará en Escala 1:500 o mayor de ser necesario.
- El plano de accesibilidad debe incluir textura o trama para su mejor visualización.

Se debe dar clara cuenta de los elementos componentes de la ruta accesible, y se indicarán en el plano de acuerdo a las siguientes representaciones gráficas.

### **Representaciones Gráficas**



**RADIO DE GIRO**

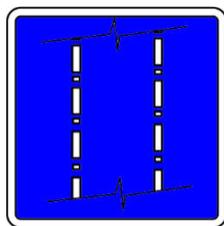
#### **Radio de Giro:**

Se debe Graficar como un círculo de diámetro 1.5m. Correspondiente al espacio destinado a permitir el giro de una silla de ruedas en 360° y se utiliza en:

- Cambio de dirección.  
Zonas de retorno de flujo peatonal.
- Descansos y cambio de dirección en

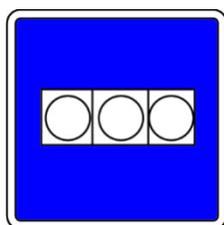
rampas

- Antecediendo el punto más alto del rebaje de vereda

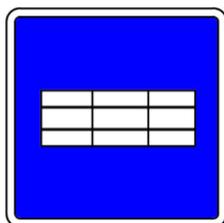


**RUTA ACCESIBLE**

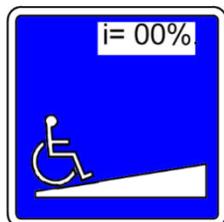
A: X.XXm / h: X.XXm



**PODOTACTIL ALERTA**



**PODOTACTIL AVANCE  
SEGURO**



**PLANO INCLINADO**

**Ruta Accesible:**

Se debe Graficar de manera continua en todo su recorrido, indicando su ancho y altura libre, estableciendo la conexión e interrelación con otras rutas accesibles, identifica de manera evidente la existencia de circuitos o itinerarios peatonales.

**Pavimento podotáctil de alerta:**

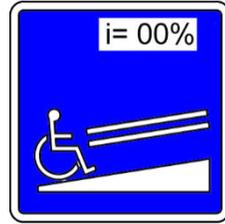
Se debe graficar con una línea del ancho y color proyectado (escalado según plano) en todas las zonas donde el proyecto las considere, tomando en cuenta que su ubicación deberá cumplir con lo estipulado en la OGUC, y en el presente documento.

**Pavimento podotáctil de Avance seguro:**

Se debe graficar con una línea del ancho y color proyectado (escalado según plano) indicando la dirección de las ranuras, en el sentido del tránsito peatonal, en todas las zonas donde el proyecto las considere, tomando en cuenta que su implementación y ubicación deberá cumplir con lo estipulado en la OGUC y en el presente documento.

**Plano inclinado:**

Se debe graficar a escala indicando largo y pendiente, en el plano (escalado según plano) donde se reconozca claramente el inicio y el término de esta.



RAMPA

**Rampa:**

Se debe graficar a escala indicando largo y pendiente, en el plano (escalado según plano) donde se reconozca claramente el inicio y el término de ésta.

Además se debe indicar el pavimento podotáctil.



ESPACIO RESERVADO

**Espacio Reservado:**

Zonas destinadas al uso preferencial de personas con discapacidad, debe considerar medidas de planta de mínimo 0.90m x 1.20m.

Debe indicar medidas de diseño.



JUEGO ACCESIBLE

**Juego Accesible:**

Dispositivo de juego que incorpora estándares que permita ser usado por todo tipo de niños y niñas incluyendo quienes tengan algún tipo de discapacidad.

En el plano se debe indicar además el área de seguridad de cada juego instalado.



ESTACIONAMIENTO EXCLUSIVO

**Estacionamiento exclusivo:**

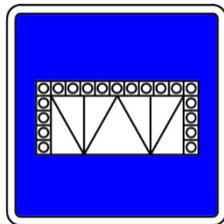
Estacionamiento destinado al uso exclusivo para personas con discapacidad. Se debe graficar como un rectángulo cuyas medidas son 5.0m de largo y 2.5m de ancho a los que se deberá sumar una franja de seguridad de 1.1m la cual puede ser compartida con otro estacionamiento de estas características



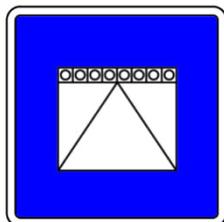
ESTACIONAMIENTO ACCESIBLE

**Estacionamiento accesible:**

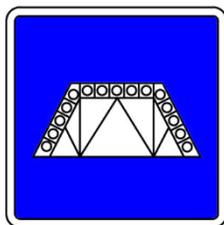
Estacionamiento destinado al uso para cualquier persona, Se debe graficar como un rectángulo cuyas medidas son 5.0m de largo y 2.5m de ancho a los que se deberá sumar una franja de seguridad de 1.1m la cual puede ser compartida con otro estacionamiento de estas características



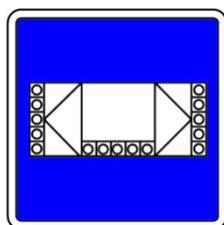
**REBAJE CON ALAS  
RECTAS**



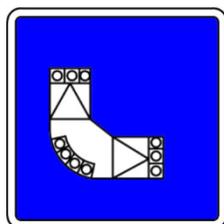
**REBAJE ENCAJONADO**



**REBAJE CON ALAS**



**REBAJE RONTAL  
FAJA ANGOSTA**



**REBAJE ESQUINA  
FAJA ANGOSTA**

#### **Rebaje de alas rectas:**

Se graficará tal como indica el diagrama, indicando, ancho largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento.

#### **Rebaje encajonado:**

Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomado en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización.

#### **Rebaje con alas:**

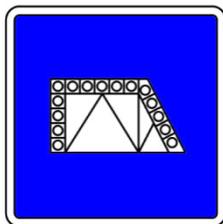
Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización además de las dimensiones mínimas de sus alas.

#### **Rebaje frontal faja angosta:**

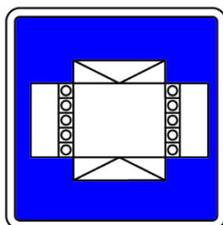
Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización.

#### **Rebaje esquina de faja angosta:**

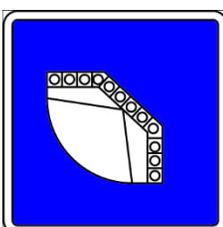
Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización.

**REBAJE MIXTO****Rebaje mixto:**

Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización.

**VEREDA CONTINUA****Vereda continua:**

Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización y las condiciones que debe cumplir el entorno para permitir su implementación.

**REBAJE ESQUINA COMPLETA****Rebaje de esquina completa:**

Se graficará tal como indica el diagrama, indicando ancho, largo, y pendientes, según condiciones de terreno y lo indicado en la OGUC y el presente documento. Tomando en cuenta las condiciones que se deben cumplir para su correcta utilización.

**SEMAFORO SONORO****Semáforo Sonoro:**

Dispositivo que entrega información audible, visual y táctil, orientado al uso de personas con discapacidad sensorial.

3.8.2.2 Memoria Accesibilidad

*Documento técnico de referencia DTR accesibilidad (2016) 0011010 de SENADIS indica:*

Es el complemento al plano de accesibilidad, y tiene como objetivo describir las zonas y áreas del proyecto identificados en el plano y detallar todos los elementos que participen en la accesibilidad.

En la memoria se debe explicar claramente el cómo se incorporan las exigencias y estándares de accesibilidad definidos en proyecto a nivel de detalles y especificaciones.

Deberá considerar al menos los siguientes apartados:

- Índice
- Descripción general de proyecto
- Nomenclatura
- Detalles
- Imágenes

**Índice:** incorpora el índice general de la memoria, datos de identificación (entre calles, comuna), superficie de intervención.

**Descripción general de Proyecto:** Consiste en una descripción del proyecto y como en términos generales se contempla la incorporación de estándares de accesibilidad. Es una memoria descriptiva donde se explicará cómo se da cumplimiento a las exigencias de accesibilidad.

**Nomenclatura:** es para los elementos incorporados en el proyecto que sean distintos a los establecidos para el plano de accesibilidad. En este apartado se deberá entregar la definición del elemento incorporado, haciendo alusión a sus características técnicas para ser considerado como elemento de accesibilidad y se incorporara una simbología que permita clara lectura del elemento en el plano de accesibilidad.

**Detalles:** corresponderá a todos aquellos detalles en plantas, cortes y elevaciones u otra expresión gráfica indicando el cumplimiento normativo, considerando al menos el detalle de:

- Cruces y rebajes de veredas accesibles indicando pendiente, pavimento de alerta y diferencia de nivel máximo en el encuentro entre el rebaje y la calzada.
- Estacionamientos accesibles indicando dimensiones y señalización.
- Todas las rampas de circulación peatonal, indicando pendiente, materialidad de piso, dimensiones (largo a, ancho y descansos) características de pasamanos, pavimento de alerta.

**Imágenes:** se utilizaran en caso que la solución propuesta presente nuevos estándares o innovaciones que no se encuentren especificados en la norma. Por ejemplo tipos de rebaje de solera peatonal distinto a lo especificado en este documento. Y corresponde al desarrollo de modelos tridimensionales, levantamientos fotográficos o alguna otra expresión gráfica que permita mostrar de manera simple la solución propuesta.

### 3.8.3 Pavimento Podotáctil

El pavimento podotáctil es una señal en la ruta accesible construida con un pavimento de textura en sobrerrelieve y color contrastante al entorno, mediante la cual se entrega información de desplazamiento y alertas de peligro y/o atención a personas con visión reducida o ceguera. La forma táctil o volumen sobresaliente a utilizar será de 5mm.

Los materiales a utilizar, serán:

- Baldosas
- Plástico de alta calidad
- Metal acero inoxidable
- Caucho polisintético
- Cualquier otro material antivandálico que asegure durabilidad y resistencia en el tiempo, previa evaluación y autorización.

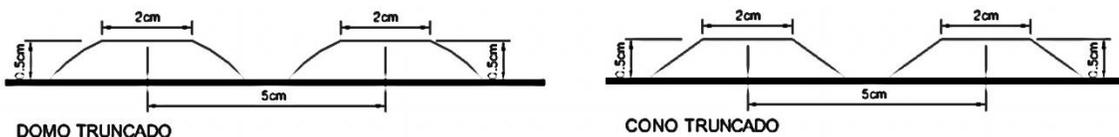
**El Pavimento Podotáctil, no podrá ser utilizado con ningún fin distinto al que se indica en este documento, en ningún caso, se proyectará con fines decorativos.**

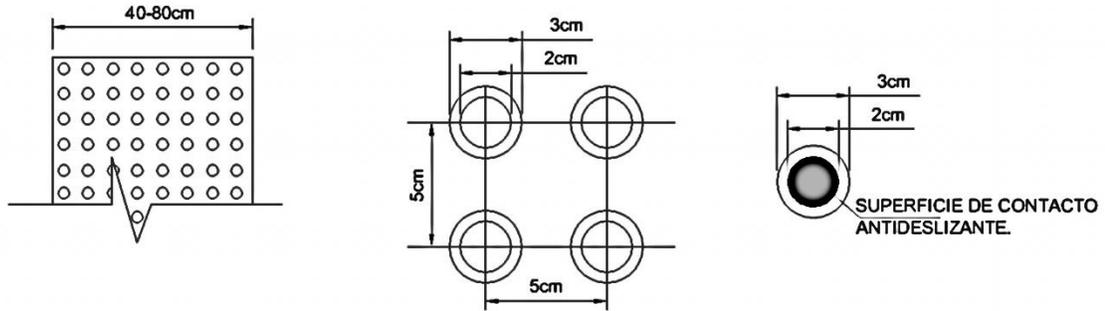
#### 3.8.3.1 Pavimento podotáctil de alerta

Este pavimento será utilizado para advertir situaciones que pudieran generar peligro al usuario, tales como:

- Inicio y término de rampas Inicio de rebaje de solera peatonal. Andenes de Locomoción Colectiva en aceras.
- Andenes de Locomoción Colectiva en bandejones.
- En las medianas que consulten detención de personas.
- Todo lugar donde se produzca un cambio de nivel.
- Antecediendo los accesos a estacionamientos públicos de alto flujo que se interpongan con las veredas.
- Cambios de dirección en caso de ser usada dentro del circuito de avance seguro.

El pavimento podotáctil de alerta estará compuesto por una trama de botones con superficie de contacto antideslizante, dispuestos en un cuadrícula de ancho variable. La geometría de los botones corresponderá a un cono truncado o domo truncado, con una altura máxima de 5 mm.





**Figura 3.8.3.1**  
Pavimento podotáctil de alerta

3.8.3.2 Pavimento podotáctil avance seguro

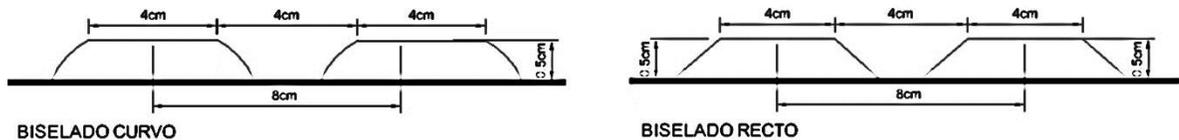
Pavimento de textura con franjas longitudinales, que se instalarán en el sentido de la marcha, será utilizada como guía para un avance seguro y se aplicará solo en situaciones puntuales en donde las veredas y circulaciones peatonales contemplan alto flujo peatonal y /o su ancho supere los 3m. Para su materialización deberá cumplir con las siguientes condiciones:

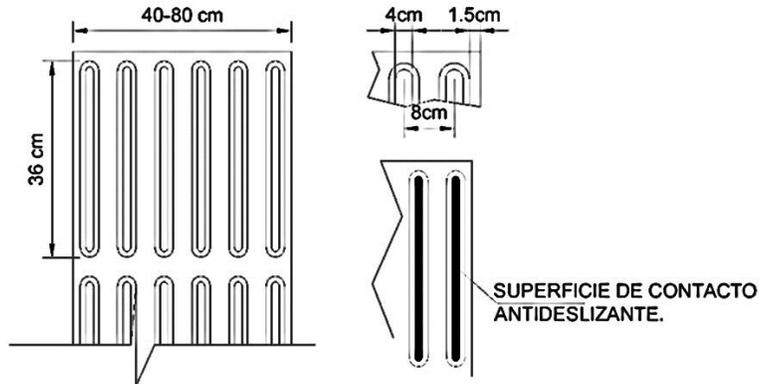
- Deberá ser instalada en el área de ruta accesible
- Alineada principalmente a la línea oficial a no menos de 1m de distancia (medido desde el eje del pavimento podotáctil)
- Si se colocase alineada a la solera, esta no podrá estar a menos de 2m de distancia (medido desde el eje del pavimento podotáctil)

Su implementación se llevará a cabo en estas situaciones puntuales siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones mínimas para su instalación:

- Se debe asegurar un área totalmente despejada de al menos 0.4m por cada lado del pavimento podotáctil.
- En caso de implementarse esta huella, tendrá como desarrollo continuo toda la cuadra.
- La huella en ningún caso podrá ser interrumpida por mobiliario, gradas, etc. Tal como lo indica su nombre esta huella debe entregar seguridad en el desplazamiento del usuario.

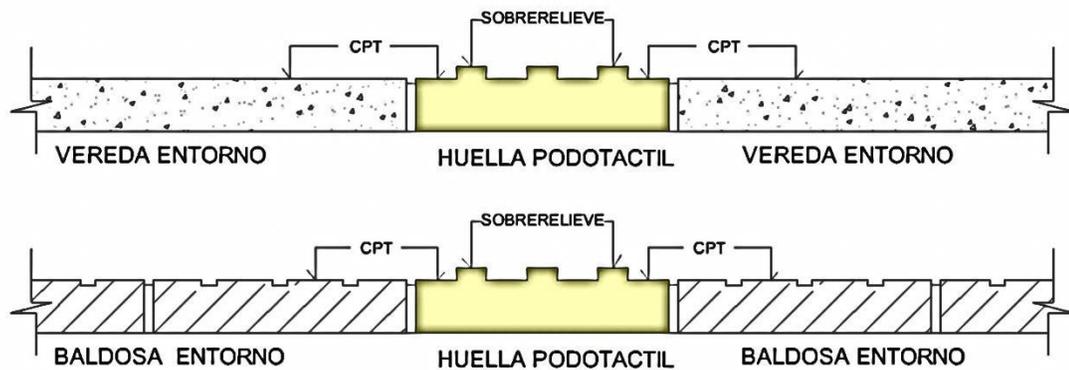
El pavimento podotáctil de Avance seguro estará compuesto por franjas longitudinales, con superficie de contacto antideslizante dispuestos en la misma dirección del flujo peatonal. Cada franja tendrá un largo continuo de 36cm y la geometría deberá contar con bordes biselados rectos o curvos, con una altura máxima de 5 mm.



**Figura 3.8.3.2-a**

Pavimento podotáctil avance seguro

La instalación de cualquier pavimento podotáctil se realizará teniendo especial cuidado que la cota baja del pavimento podotáctil quede alineada con la cota de piso terminado (CPT).

**Figura 3.8.3.2-b**

Pavimento podotáctil avance seguro- instalación

### 3.8.4 Cruce Peatonales

Los cruces peatonales, son zonas o espacios destinados al cruce seguro de personas. Estos podrán ser a nivel de calzada a través de un rebaje de solera peatonal o a nivel de acera mediante una plataforma de cruce.

#### 3.8.4.1 Rebaje de Solera Peatonal

Se entiende por Rebaje de Solera Peatonal al rebaje de pavimento con sus soleras hasta el nivel de calzada y que tiene por finalidad permitir un cruce peatonal cómodo para todo transeúnte. Los rebajes de solera peatonales deben materializarse como un elemento de lectura clara; para esto, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La rampa del Rebaje de Solera Peatonal tendrá una pendiente que ira entre el 5% y el 12%, considerando como optimo una pendiente inferior al 8% pudiendo ajustarse en terreno hasta un máximo que en ningún caso podrá superar el 12% de pendiente.
- Su desarrollo no podrá exceder los 1.5m.

- Su ancho libre mínimo será continuo y corresponderá al ancho de las líneas demarcatorias de calzada. En caso de no existir líneas demarcatorias tendrá el ancho normativo de las veredas según la categoría de la vía en la que se encuentre y en casos justificados podrá tener un ancho mínimo de 1.2m en todo el ancho de llegada a la calzada, independiente de las alas o sus planos inclinados. (si los tuviera)
- El plinto deberá ser 0.00m con un máximo exigible de 0.01m; en ningún caso se podrá aceptar un plinto mayor, por esta razón es que en etapas de ejecución, se deberán tomar las medidas y resguardos necesarios para evitar que el plinto construido exceda la medida anteriormente mencionada. En caso de considerar plinto 0.01m este deberá tener terminación redondeada.
- El área que antecede las llegadas a las rampas del rebaje de solera peatonal deberá tener una área despejada de todo obstáculo y desnivel de al menos un diámetro de 1.2
- En el caso que en una esquina exista tránsito mixto de peatones con ciclistas, en ningún caso, estos últimos podrán ocupar el Rebaje de Solera Peonato, por lo que para este tipo de situaciones se deberá proyectar un cruce especial para ciclistas y en caso que esto no sea posible, se deberá considerar un Rebaje de Solera Peonato con la capacidad suficiente, como para que puedan transitar ambos usuarios de manera cómoda, segregada y segura.

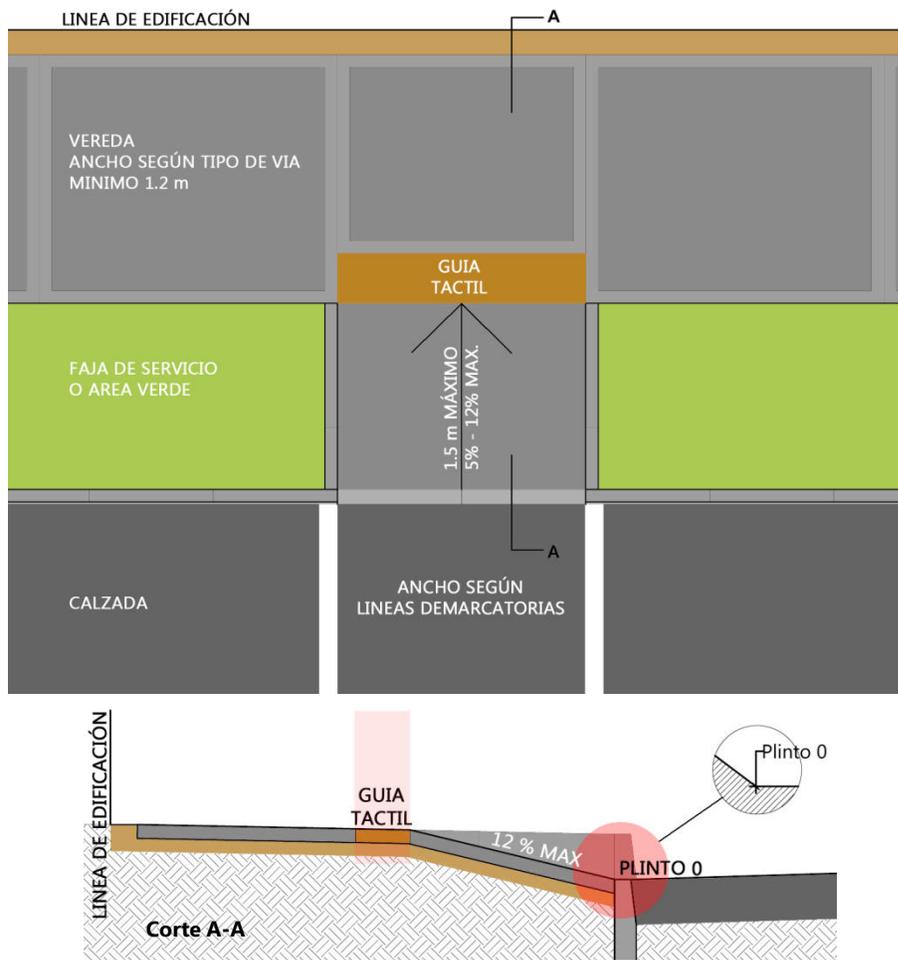
### **Tipologías**

Se presentan las siguientes tipologías básicas de Rebajes de Solera Peonato, los que según la situación de terreno y su contexto podrán ser utilizados y/o combinados entre sí.

#### **a) Rebaje de Solera Peonato Encajonado**

Para la utilización de este tipo de Rebaje se deberá verificar que no exista circulación peatonal por los costados de éste. Se utilizará en el caso que exista una faja de servicios, áreas verdes o mobiliarios urbanos que impidan la libre circulación perpendicular al desarrollo de la pendiente.

También se podrá utilizar cuando el espacio disponible no permita otra opción, como por ejemplo el de alas, pero para su implementación se deberá colocar algún elemento que evite el tránsito peatonal, transversal, ya sea especie arbórea mobiliario etc., teniendo especial cuidado con que este elemento no intervenga con la circulación peatonal de la vereda.



**Figura 3.8.4.1-a**

Rebaje de solera peatonal encajonado

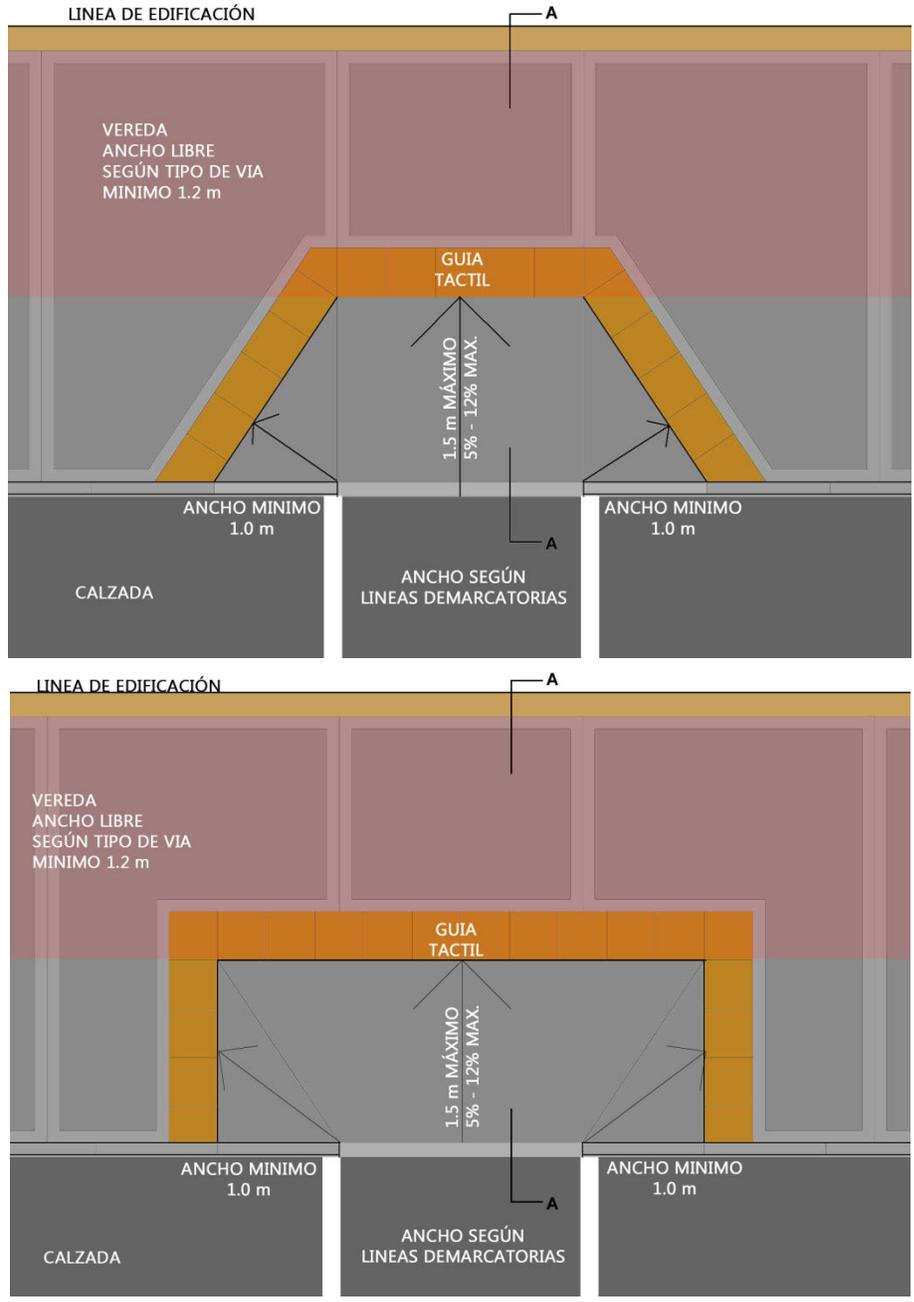
Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos. En distintas eventualidades. Considerar que la pendiente máxima deberá corresponder a las distancias más desfavorables.

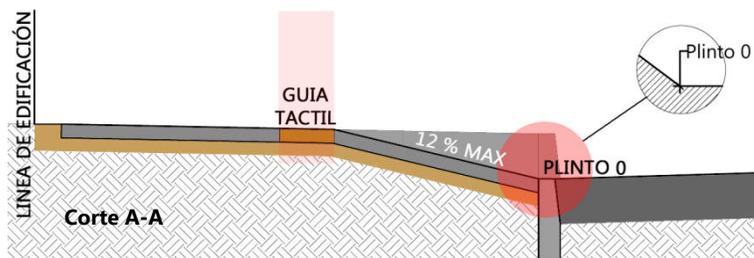
***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***

**b) Rebaje de Solera Peatonal con Alas Laterales**

Para el uso de este Rebaje, debe existir el espacio suficiente para el desarrollo de la pendiente de las alas laterales, considerando que debe permitir el tránsito peatonal transversal. Este rebaje puede tener las alas diagonales o rectas según diseño, y deberán tener al menos 1 metro de desarrollo por lado cada ala.

***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***





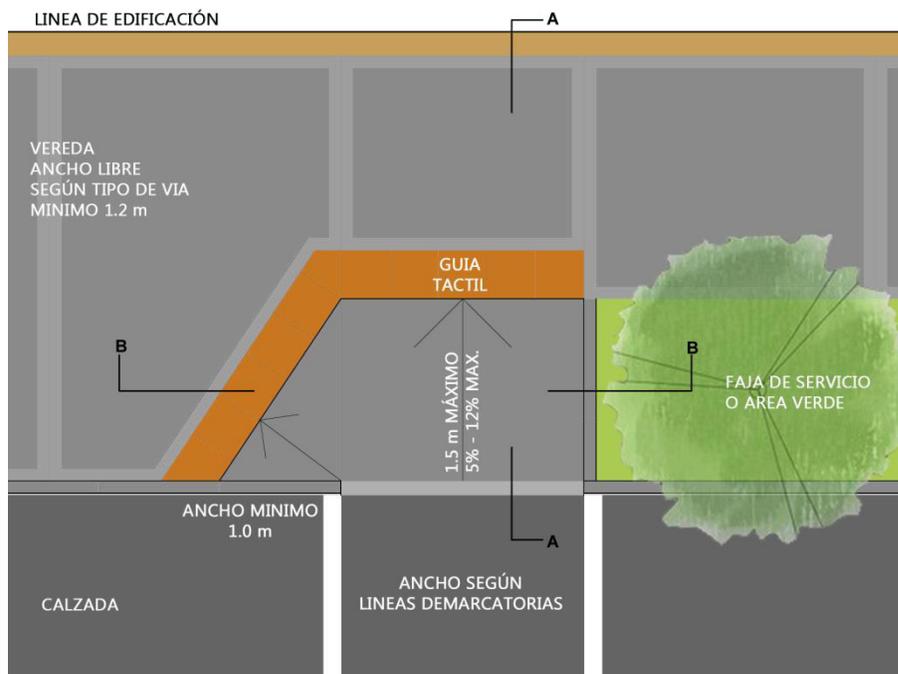
**Figura 3.8.4.1-b**

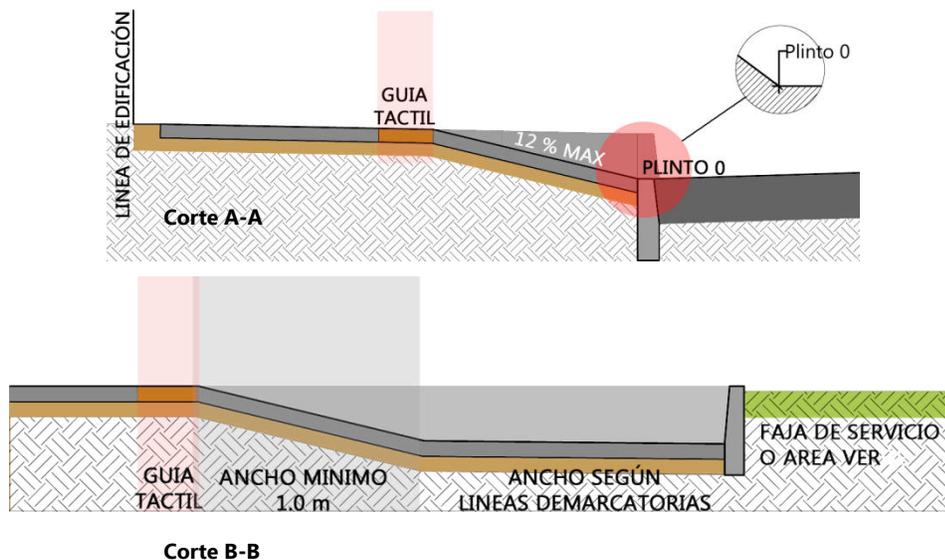
Rebaje de solera peatonal con alas laterales

**c) Rebaje de Solera Peatonal Mixto**

Este Rebaje, es una fusión entre el rebaje con alas y el rebaje encajonado. Y se utilizara cuando exista flujo peatonal transversal por un solo lado del rebaje. Para el uso de este Rebaje, debe existir el espacio suficiente para el desarrollo de la pendiente del ala lateral, considerando que debe permitir el tránsito peatonal sobre esta. Este rebaje debe cumplir con las condiciones del rebaje de solera con alas y el rebaje de solera encajonado, según el lado que corresponda.

***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***





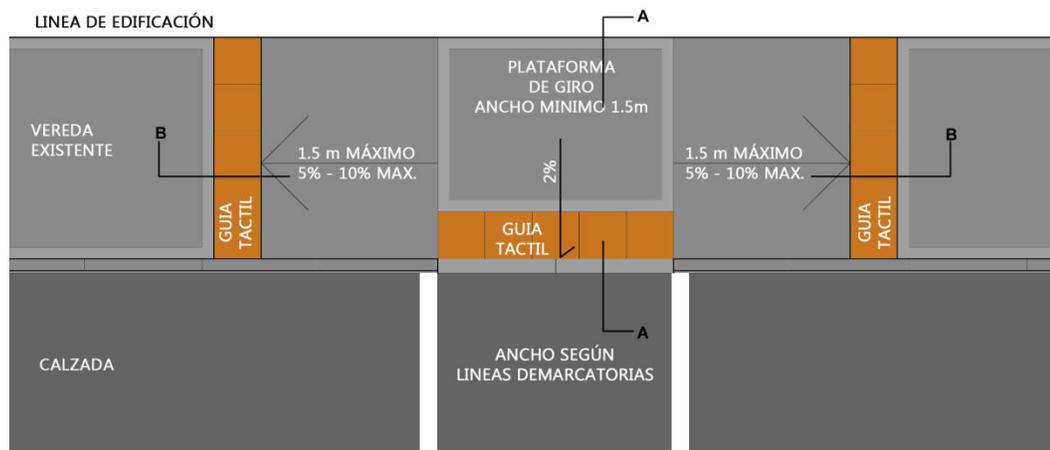
**Figura 3.8.4.1-c**  
Rebaje de Solera Peatonal Mixto

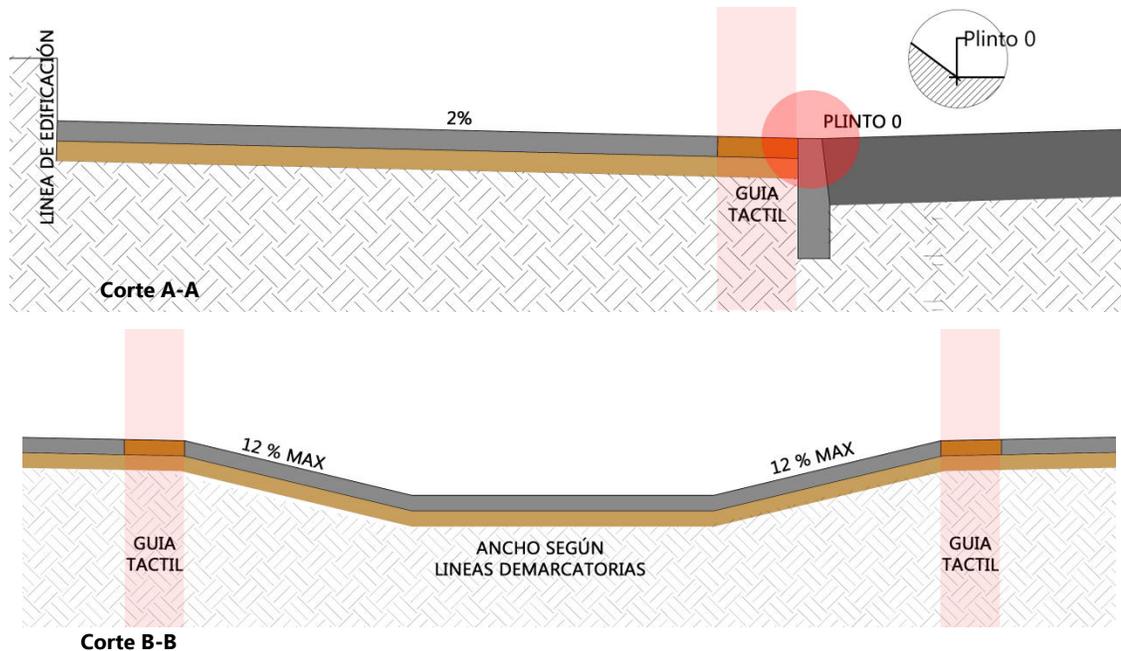
**d) Rebaje de Solera Peatonal Frontal Faja Angosta**

Este tipo de Rebajes se utilizará cuando las aceras no permitan el uso de otro tipo de Rebaje debido al ancho reducido de acera. NO se utilizara si existe espacio para otra solución. La plataforma de giro debe tener al menos 1.5m de ancho y mantener la pendiente del 2% hacia la calzada correspondiente a las veredas,

***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***

**En los casos en que se deba desnivelar todo el ancho de la vereda las rampas no podrán exceder el 10%.**





**Figura 3.8.4.1-d**

Rebaje de Solera Peatonal Frontal Faja Angosta

Considerar que la pendiente máxima deberá corresponder a las distancias más desfavorables.

**e) Rebaje de Solera Peatonal Esquina Faja Angosta**

Este tipo de Rebajes se utilizará en las esquinas en que las aceras no permitan el uso de otro tipo de Rebaje debido al ancho reducido de aceras. La plataforma de giro debe mantener la pendiente del 2% hacia la calzada correspondiente a las veredas asegurando un adecuado escurrimiento de aguas y las rampas no podrán exceder el 12%.

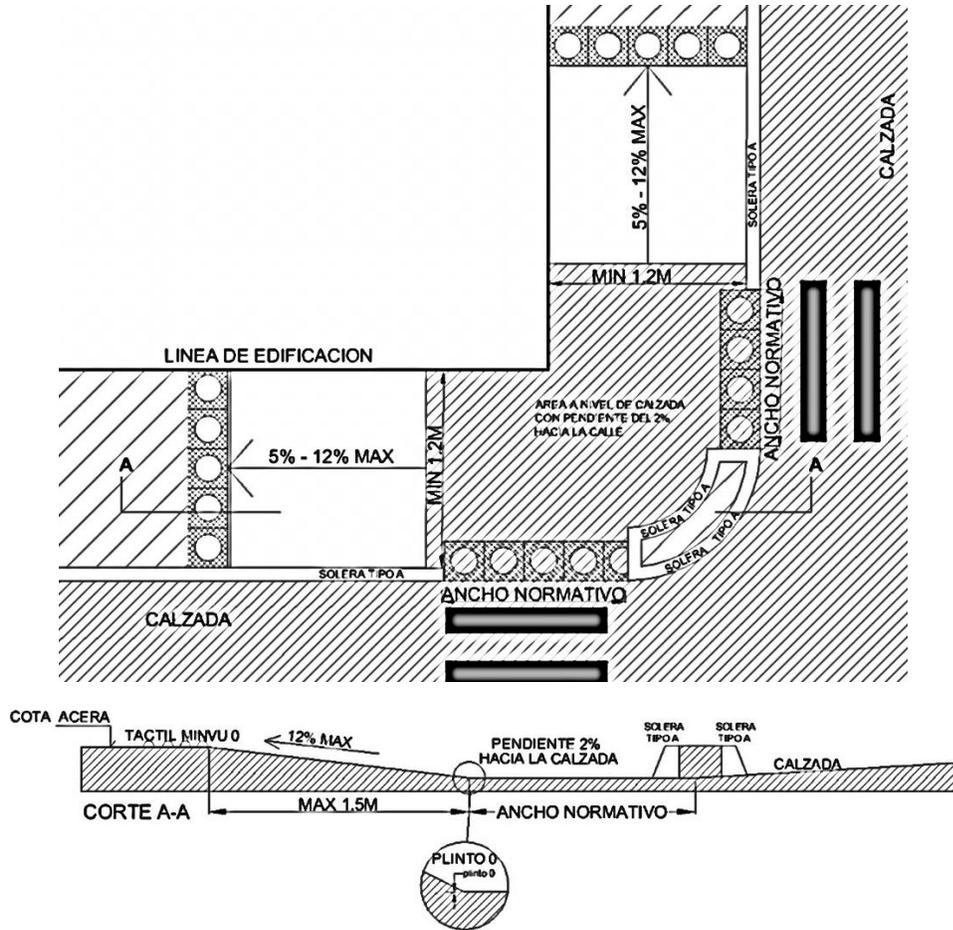
Se privilegiara que la esquina quede cerrada, con una pequeña isla, dejando ambos flujos separados, tal como muestra la figura 1, en caso que esto no sea posible se optara por la solución de la figura 2

adoptada, se debe asegurar un correcto escurrimiento de aguas, evitando la acumulación de esta.

Preferentemente la ubicación de los Rebajes será fuera de las curvas de los radios de giro y enfrentados entre sí; considerando de deben ser coherentes con la demarcación de cruce en calzada, la que se realizara según lo dispuesto en el Manual de Señalización y Demarcación vigente.

NO se utilizara si existe espacio para otra solución.

***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***



**Figura 3.8.4.1-e-1**

Rebaje de Solera Peatonal Esquina Faja Angosta – opción 1

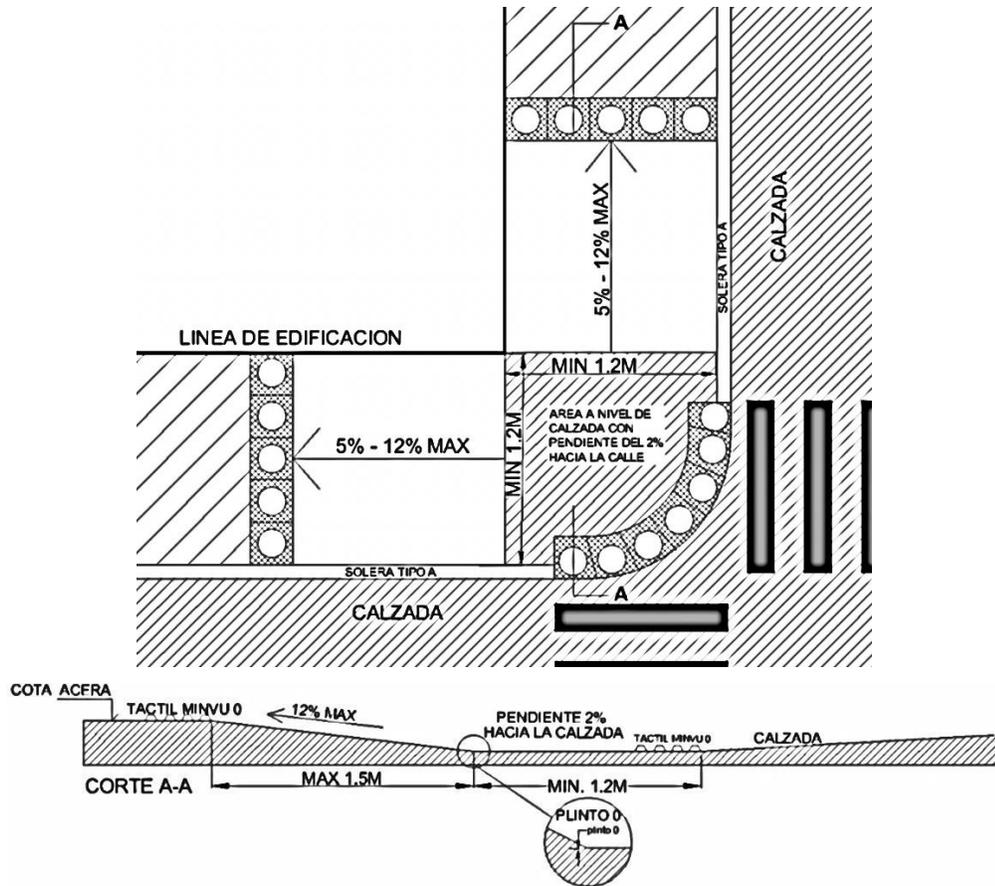


Figura 3.8.4.1-e-2

Rebaje de Solera Peatonal Esquina Faja Angosta – opción 2

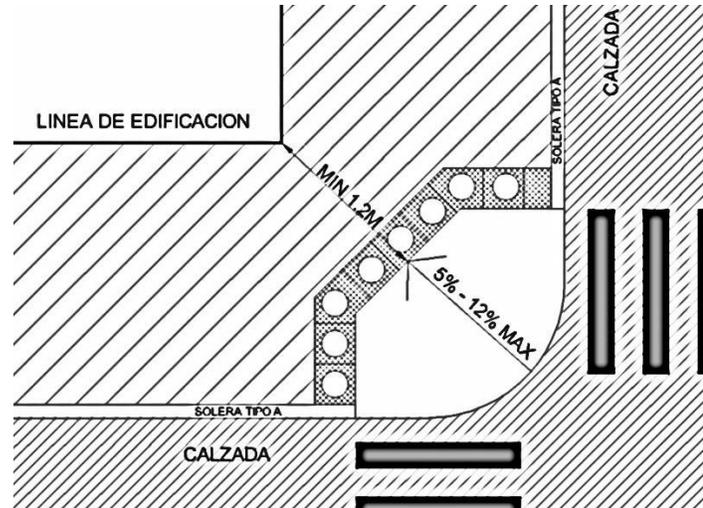
Considerar que la pendiente máxima deberá corresponder a las distancias más desfavorables.

#### f) Rebaje de Solera Peatonal Esquina Completa

Este tipo de Rebajes se utilizará en las esquinas en que los cruces peatonales habilitados, por alguna razón estén implementados dentro del radio de giro y la distancia entre estos no permita dar una solución individual a cada uno.

Considerando que esta solución puede generar conflictos durante la operación de las vías, debido a que la pendiente predominante encausa a los peatones a enfrentar los flujos vehiculares, su implementación debe estar debidamente justificada, demostrando que no es posible implementar ninguna de las soluciones descritas anteriormente.

***En plano de proyecto se deberá indicar medidas y pendientes correspondientes a cada uno de los rebajes proyectados***



**Figura 3.8.4.1-f**

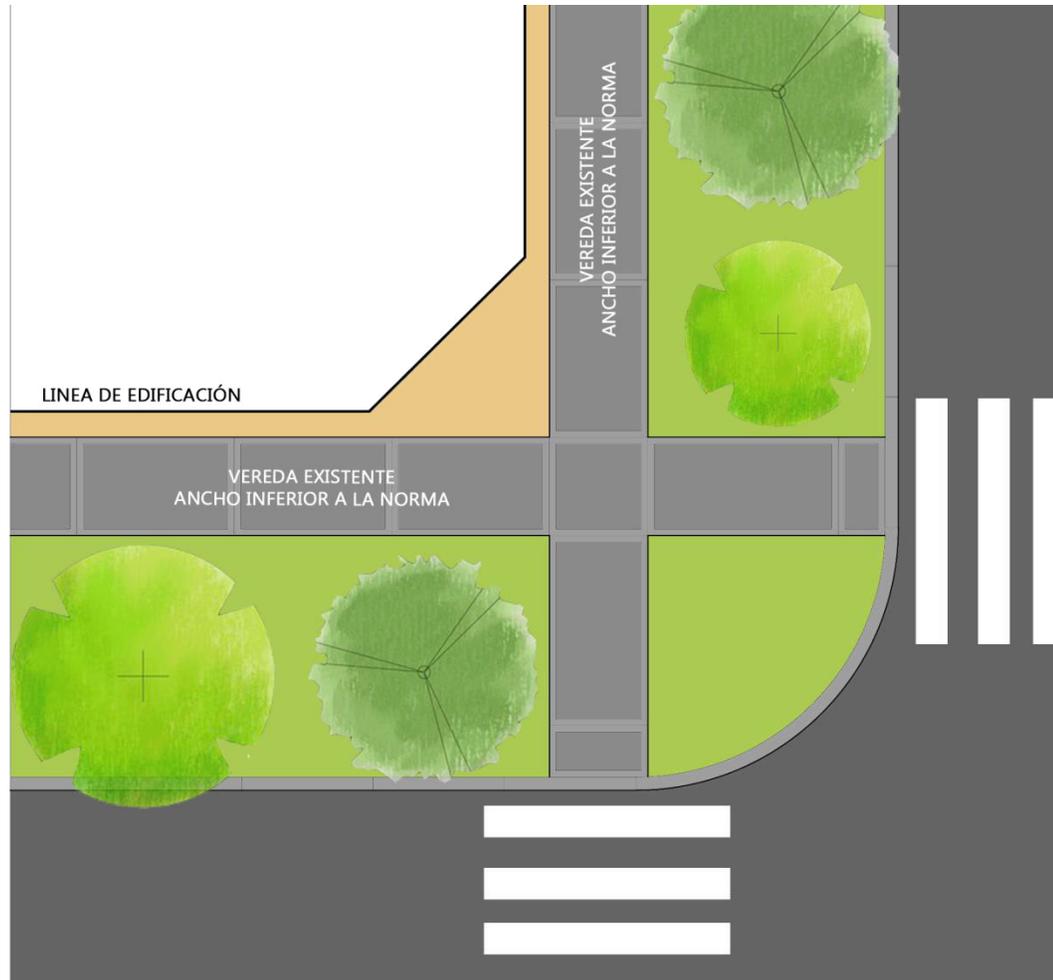
Rebaje de Solera Peatonal Esquina Completa

Para nuevas vialidades o el rediseño de estas, se privilegiará la ubicación de los cruces peatonales fuera de las curvas de los radios de giro y enfrentados entre sí; considerando que deben ser coherentes con la demarcación de cruce en calzada, la que se realizara según lo dispuesto en el Manual de Señalización y Demarcación vigente.

#### **g) Singularidades**

##### **Cuando la vereda existente tiene un ancho inferior al reglamentario**

Cuando la vereda existente tenga un ancho inferior al normativo, Se deberá regularizar en el área del rebaje peatonal de manera que el rebaje corresponda al ancho de las líneas demarcatorias del cruce, en caso que estas no estén, corresponderá al ancho mínimo normativo de las veredas según el tipo de vía y en casos justificados podrá tener un mínimo de 1.2m.

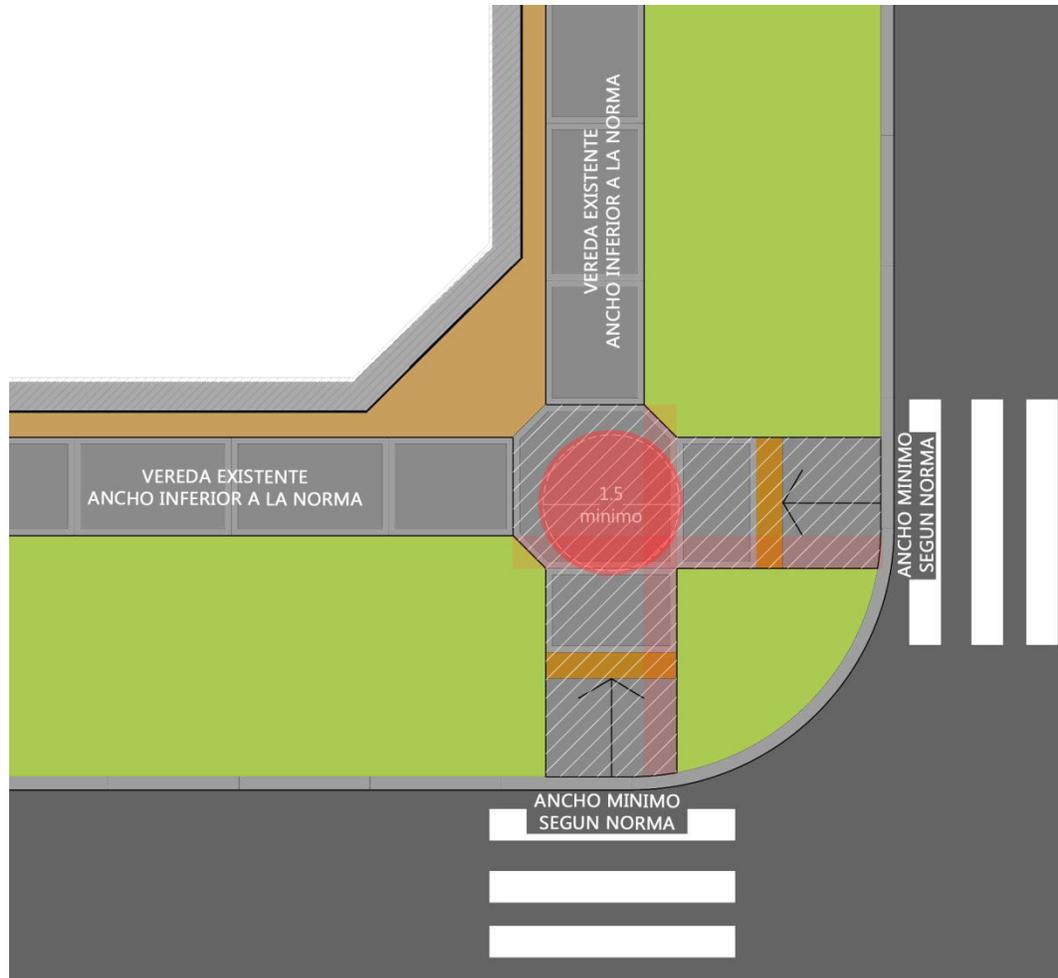


**Figura 3.8.4.1-g**

Cuando la vereda existente tiene un ancho inferior al reglamentario

- **Solución tipo 1**

Proyectando veredas de empalme con el ancho normativo, de manera que permita diseñar el rebaje de solera peatonal con los anchos requeridos en la norma.



**Figura 3.8.4.1-a-1**

Cuando la vereda existente tiene un ancho inferior al reglamentario – solución tipo 1

- **Solución tipo 2**

Proyectando la pavimentación de toda la esquina, con el fin que permita el correcto diseño de los rebajes peatonales y la correcta maniobra de manera segura y cómoda.

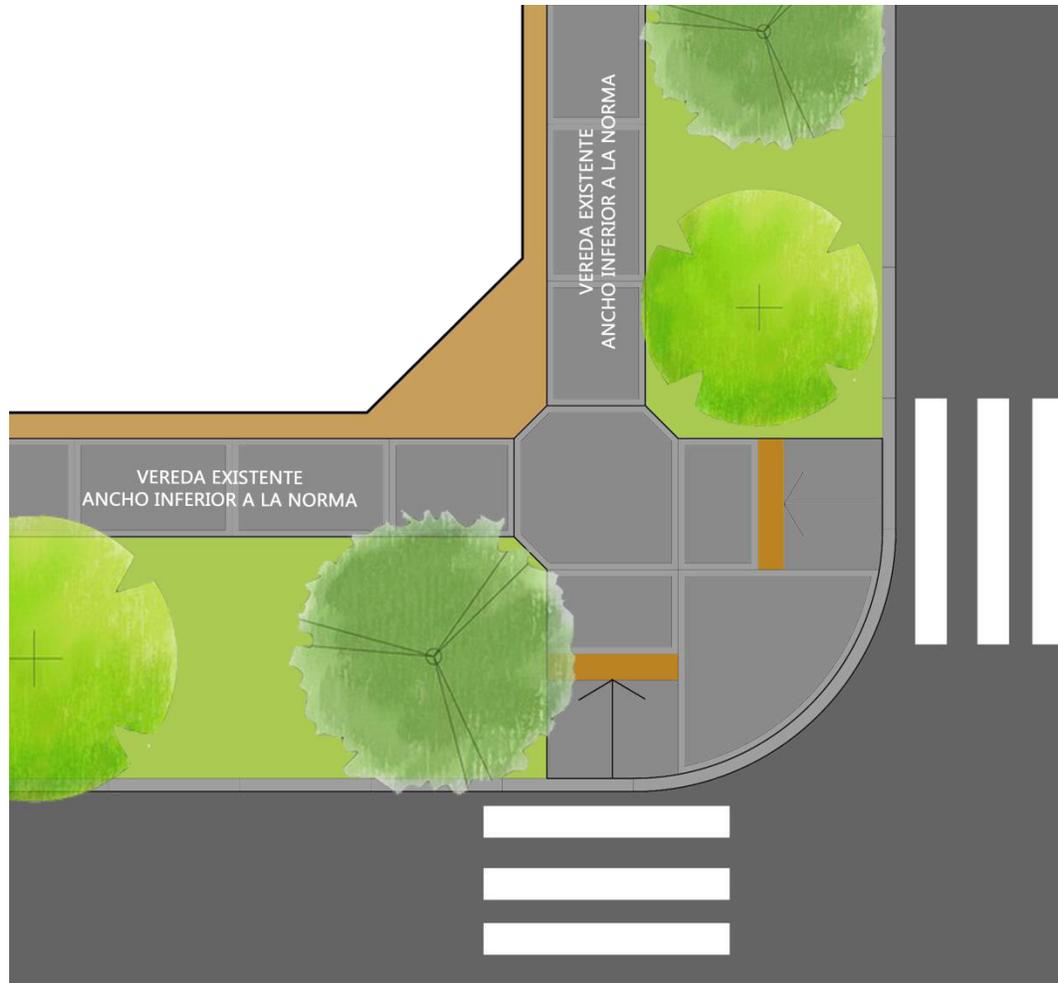


Figura 3.8.4.1-a-2

#### Cuando la vereda existente no llega a la esquina

Cuando la vereda existente no llegue a la esquina, se deberá proyectar la vereda de empalme, de tal manera que se permita continuidad de flujo peatonal. Tanto la vereda de empalme como el rebaje corresponderán al ancho de las líneas demarcatorias del cruce, en caso que estas no estén, corresponderá al ancho mínimo normativo de las veredas según el tipo de vía y en casos justificados podrá tener un mínimo de 1.2m.



**Figura 3.8.4.1-b**

Cuando la vereda existente tiene un ancho inferior al reglamentario

El Rebaje de Solera Peatonal deberá cumplir con las exigencias establecidas en el punto 2.2.8 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) vigente.

- **Solución tipo 1**

Proyectando la vereda de empalme, con el fin que permita el correcto diseño de los rebajes peatonales y la correcta maniobra de manera segura y cómoda.



**Figura 3.8.4.1-b-1**

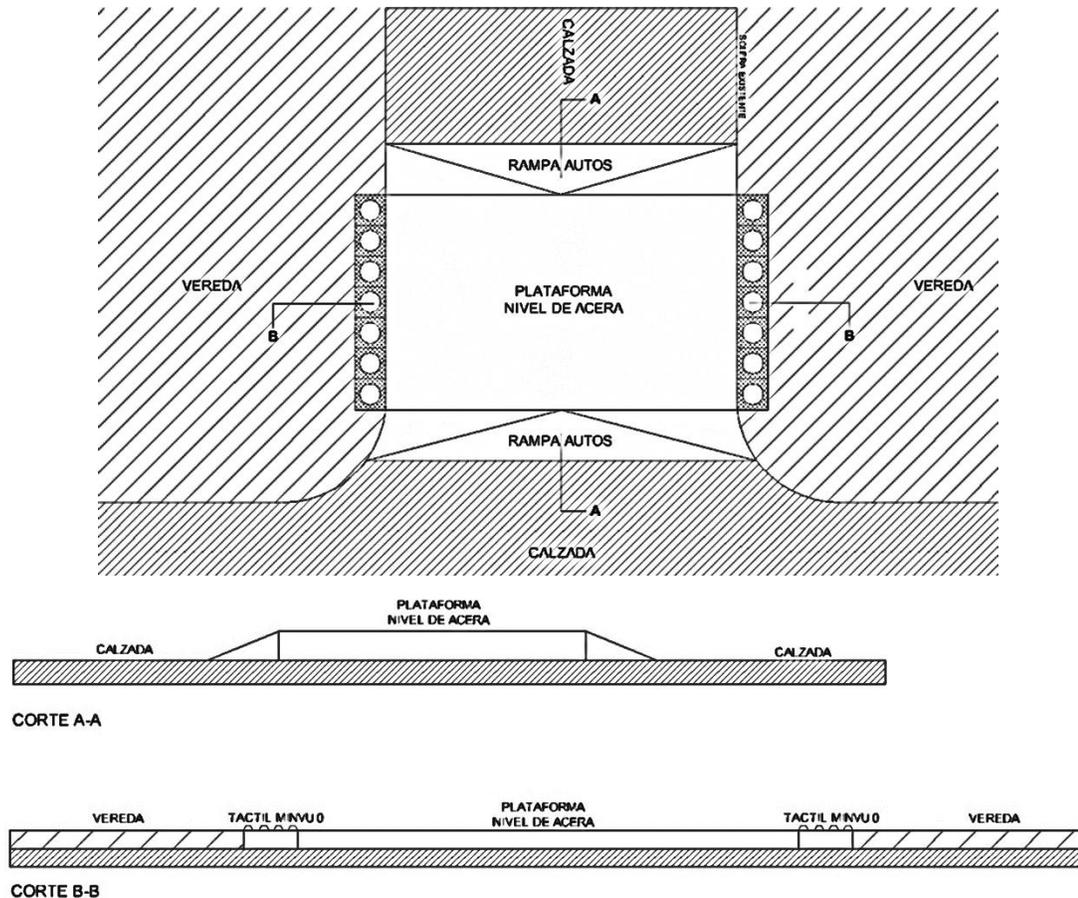
Cuando la vereda existente tiene un ancho inferior al reglamentario

### 3.8.4.2 Vereda Continua

Este tipo de cruce se implementará solo cuando existan las condiciones exigidas por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, en cuanto a criterios de diseño y emplazamiento.

Deberá considerarse al igual que los rebajes peatonales la huella podotáctil antecediendo el cruce.

El proyecto deberá considerar la solución de aguas lluvias según lo dispuesto en el Capítulo 5 Diseño Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias.

**Figura 3.8.4.2**

Vereda Continua

Para cada proyecto, será el proyectista el encargado del diseño según las características propias del terreno y sus cualidades. El diseño del cruce Peatonal se definirá caso a caso, de acuerdo al ancho de la vereda y las características propias de cada esquina. Teniendo cuidado de respetar los lineamientos básicos presentados para cada uno de ellos.

Se deberá procurar, que los rebajes de soleras peatonales no queden con un sumidero frente a su paso, si esto no fuera posible, se deberá indicar la reubicación de alguno de estos elementos, y si esto tampoco fuera factible se deberá consultar el sumidero con una rejilla que tenga las ranuras perpendiculares al recorrido del peatón, y con una separación que no supere los 1.5 cm, todo esto dado que las rejillas pueden producir atascos y caídas.

### 3.8.4.3 Encuentro Calle-Pasaje

En los encuentros entre calle pasaje deberá resolver la continuidad peatonal, a través de las siguientes alternativas, teniendo especial cuidado con el escurrimiento de aguas.

- Planos inclinados que permitan llevar las veredas a plinto 0
- Veredas continuas que deberá cumplir con lo dispuesto en el punto 3.8 "vereda continua" del presente documento
- Otra solución que dé continuidad al paso peatonal de manera segura.

En casos puntuales se podrán utilizar rampas, las que deberán cumplir con lo estipulado en el punto 3.7.4.1 "Rebajes de solera peatonal" del presente documento. En ningún caso se aceptará el plinto 5 para la conexión de la vereda y el pasaje.

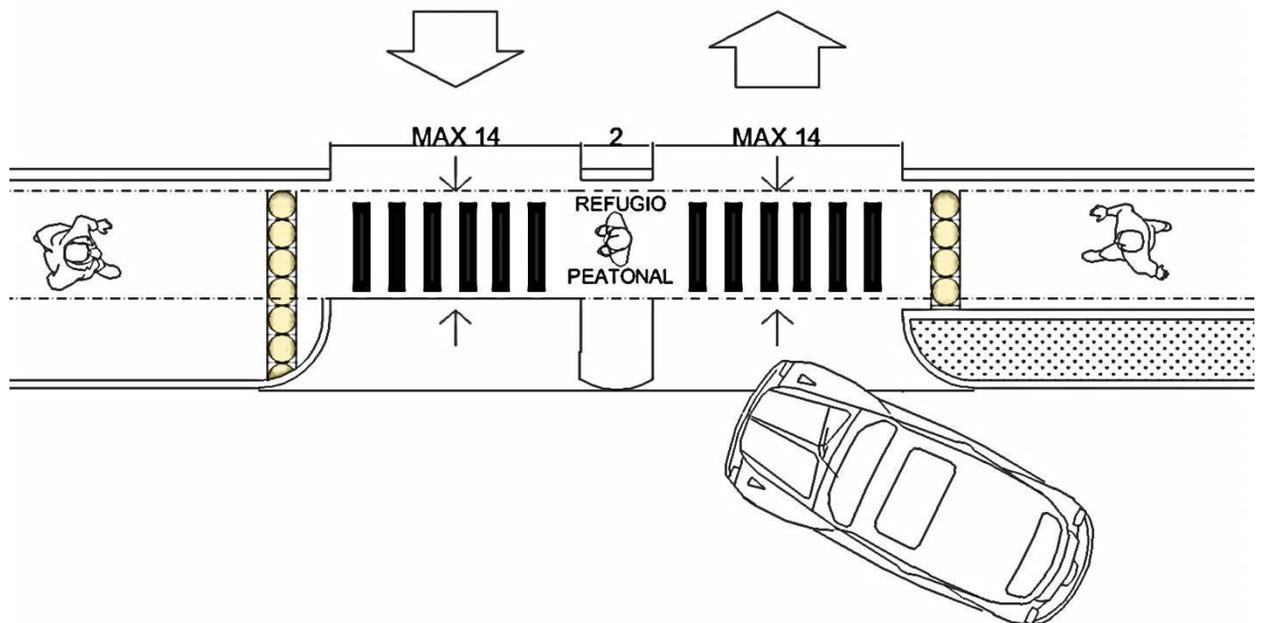
Para cualquier solución que sea adoptada, el encargado de la obra deberá preocuparse de dar solución al escurrimiento de las aguas, y que todas las casas tengan mantengan su ingreso de manera cómoda y segura.

#### 3.8.4.4 Accesos y salidas vehiculares

Los accesos y salidas vehiculares no podrán interrumpir ni disminuir el ancho de la ruta accesible, ni aumentar la pendiente transversal de esta (2%) y deberán cumplir con lo establecido en el **artículo 2.4.4 de la OGUC vigente**

Entre los accesos o salidas vehiculares sucesivas, correspondientes a un mismo predio, deberá existir un refugio peatonal de una longitud de 2m, en el sentido de la circulación peatonal.

En los accesos vehiculares de **alto flujo** se deberá añadir una franja táctil de alerta perpendicular a todo el ancho de la circulación antes y después del área de cruce y además se demarcará el área de circulación peatonal para enfatizar la preferencia del peatón. Esta franja de alerta no se utilizará para accesos unifamiliares.



**Rampas Figura 3.8.4.4**  
Accesos y salidas vehiculares

#### 3.8.5

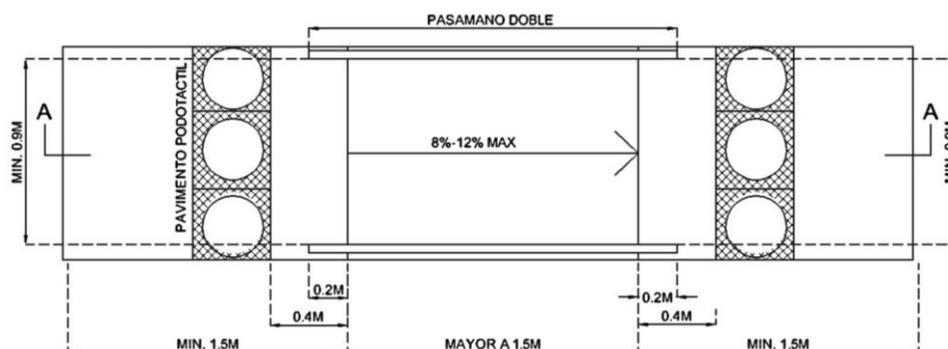
Si en el espacio público existiese cualquier desnivel que requiriera ser salvado por escaleras o peldaños se deberá considerar una rampa antideslizante, que debe cumplir con lo siguiente:

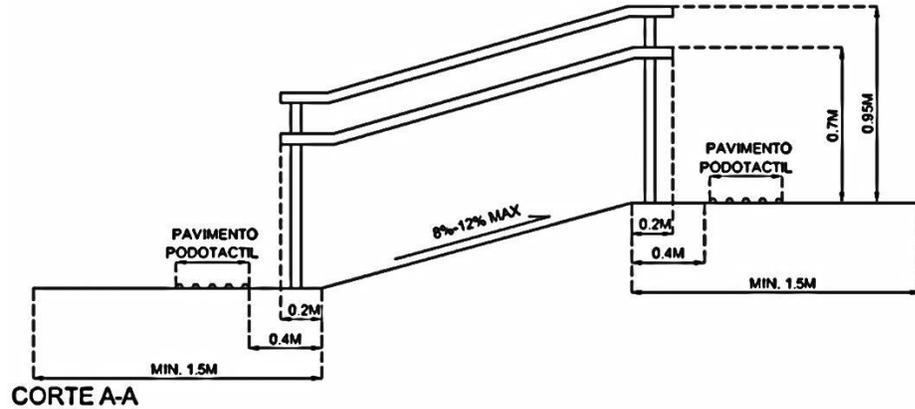
- La rampa tendrá un ancho mínimo de 0.90m libres de obstáculos y su pendiente irá entre el 5% y el 12%, el cálculo de las pendiente intermedias se calcularán según lo dictado en el punto 4.1.7 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- La superficie de la rampa deberá ser de un material antideslizante, firme, uniforme y permeable.
- Al comenzar y al finalizar una rampa, debe existir un área de al menos 1.5m por el ancho total de la rampa, que permita las maniobras de acercamiento o salida, el que deberá estar libre de obstáculos y resaltes.
- A 0.4m del inicio y del término, se utilizará una franja entre 0.4m y 0.8m de Pavimento Táctil de Alerta, con el fin de facilitar su detección a las personas con discapacidad visual.
- En el caso particular de las rampas necesarias, para el correcto ingreso a los Andenes de Locomoción Colectiva, deberán cumplir con lo estipulado en el punto Andenes con desnivel respecto a la vereda y con el punto de Andenes de Locomoción Colectiva en bandejonas, del presente documento, según corresponda.

#### 3.8.5.1 Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo superior a 1.5m

Si la rampa tiene más de 1.5m de desarrollo, y su pendiente es superior al 8% ésta deberá cumplir con lo siguiente:

- Contar con un pasamano continuo por ambos lados a dos alturas, uno a 0.95m y otro a 0.7m. Los pasamanos de algún material anti vandálico los cuales deben sobresalir sobre los planos horizontales de arranque y entrega de la rampa al menos 0.2m. Los pasamanos serán perfiles tubulares de 0.04m de un color contrastante al fondo, deberán tener un diámetro entre 3.5 cm y 5.0cm y en caso de existir muro tabique u otro elemento similar deberá instalarse a no menos de 3.5cm de dicho elemento.
- A 0.4m del inicio y del término, se utilizará una franja de 0.4m de Pavimento Táctil de Alerta, con el fin de facilitar su detección a las personas con discapacidad visual.
- Cuando la rampa supere los 9m de desarrollo o cuando existan cambios de dirección, ésta deberá contar con un descanso plano de al menos 1.5m de desarrollo por el ancho total de la rampa, espacio en el cual se deberá efectuar cualquier cambio de dirección. El descanso también deberá contar con pasamanos y la franja de Pavimento Táctil de Alerta descrita.





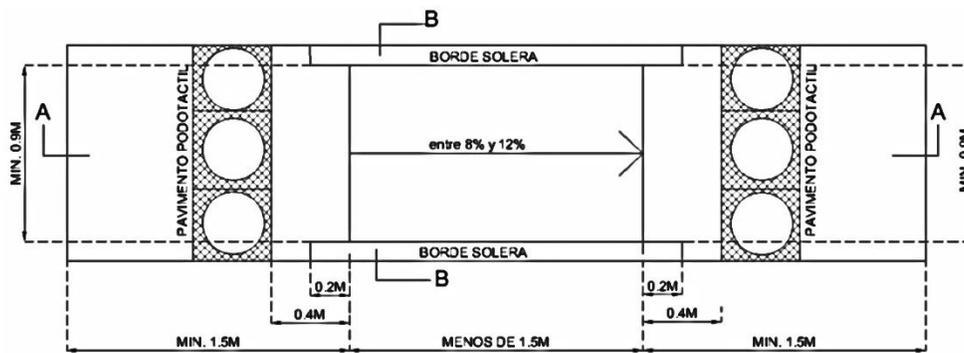
**Figura 3.8.2**

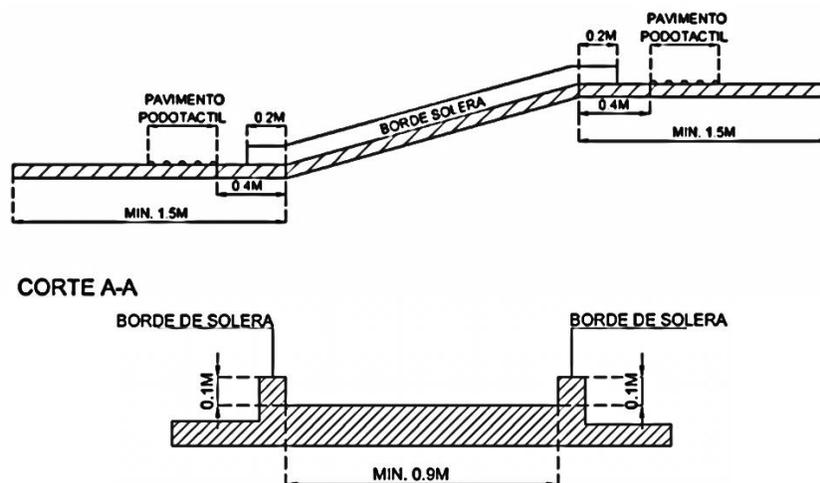
Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo superior a 1.5m

3.8.5.2 Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo inferior a 1.5m

Si la rampa tiene 1.5m o menos, de desarrollo y su pendiente es superior al 8% ésta deberá cumplir con lo siguiente:

- No requerirá de pasamanos, en su reemplazo deberán tener un borde de solera de al menos 0.1m.
- A 0.4m del inicio y del término, se utilizará una franja de 0.4m de Pavimento Táctil de Alerta, con el fin de facilitar su detección a las personas con discapacidad visual.



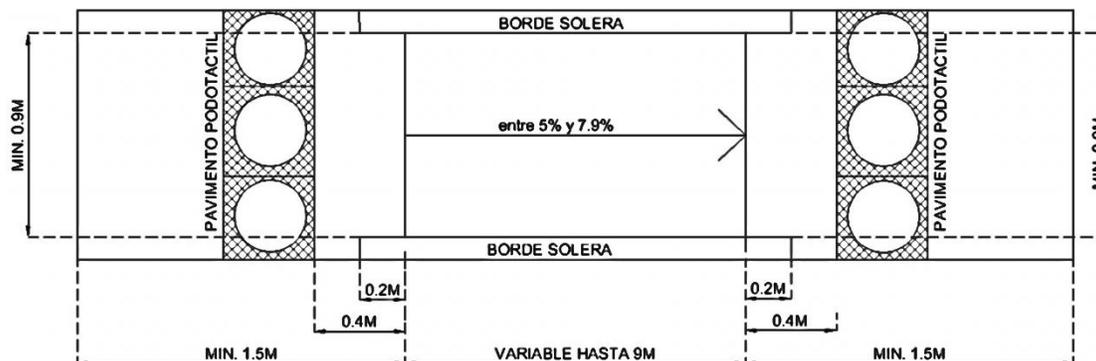


**Figura 3.8.3**

Rampas con pendiente mayor o igual al 8% y un desarrollo inferior a 1.5m

### 3.8.5.3 Rampas con pendiente entre el 5% y el 7.9%

Si la rampa tiene un desarrollo de hasta 9m con una pendiente entre el 5% y el 7.9% solo deberá cumplir con la instalación de la franja táctil de alerta y el borde de solera, quedando exenta de las demás exigencias.



**Figura 3.8.4**

Rampas con pendiente entre el 5% y el 7.9%

### 3.8.6 Planos Inclinados

Cuando la pendiente sea menor a un 5% no se hablará de una rampa, sino de un Plano Inclinado, el cual está exento de todas las exigencias, incluida la táctil de alerta.

### 3.8.7 Mobiliario Urbano

Todo mobiliario urbano que se proyecte instalar en las aceras, deberá ubicarse de tal forma que su área de uso no interfiera con la ruta accesible y no se constituya en un obstáculo para el tránsito peatonal.

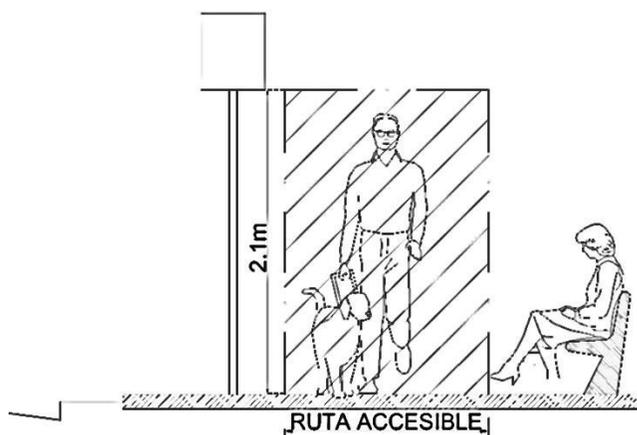
Se instalarán sobre superficies planas, sin cambios de nivel y contarán con un área de aproximación sin obstáculos.

Se privilegiará el mobiliario de diseño universal, esto quiere decir que pueda ser correctamente utilizado por cualquier ciudadano en condiciones de facilidad y seguridad.

#### 3.8.7.1 Escaños

Los que se encuentren al costado de la ruta accesible deberán tener un asiento a una altura de 45 cm medidos desde el nivel de piso terminado, respaldo y apoyabrazos. Al menos a uno de sus costados deberá proveerse de un espacio libre para que se pueda situar una silla de ruedas, coche de paseo, dispositivos de ayuda etc.

Estos elementos jamás deberán interrumpir la ruta accesible, para lo que se deberá tener especial cuidado en su ubicación para que al encontrarse en uso, la persona que lo utilice no interrumpa la ruta.



**Figura 3.8.7.1**

Escaños

#### 3.8.7.2 Pilotes o Bolardos

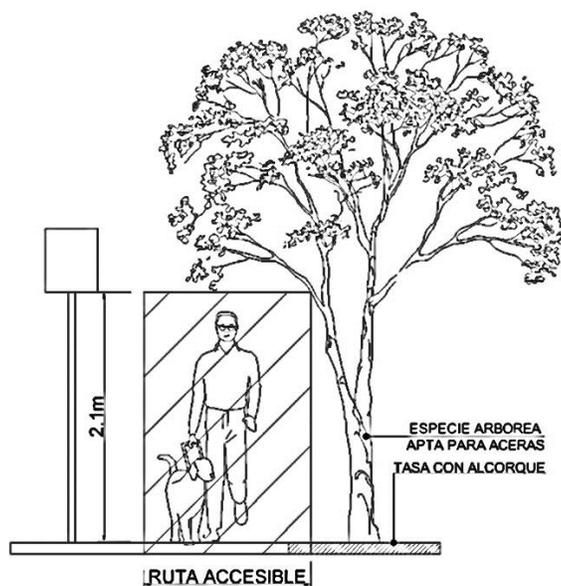
Los Bolardos o Pilotes, generalmente son utilizados para proteger al peatón del tráfico vehicular y/o para evitar estacionamientos indebidos. En caso de proyectarse estos elementos en las áreas de circulación, deberán cumplir con lo siguiente:

- Deben colocarse alineados con la solera y en el borde de la acera cercano a la calzada, a una distancia entre 0.3m – 0.5m de la misma.
- Sus dimensiones irán entre el 1m y 1.2m de alto para permitir su visibilidad, salvo los instalados en reemplazo de las soleras. Tal como indica el **punto 3.8.8 Calzada y acera al mismo nivel**
- Deben tener un color contrastante con el color de pavimento
- Jamás deben colocarse al centro de los Rebajes de Solera Peatonales ni en las zonas de circulación.
- En ningún caso podrán instalarse dentro de la ruta accesible

### 3.8.7.3 Arbolado Urbano

En cuanto al arbolado urbano que se coloque en la vereda, éste no deberá interrumpir el tránsito peatonal y deberá respetar la Ruta accesible, en todas sus medidas. Las ramas más bajas no deben encontrarse por debajo de los 2.1m. Si la taza del árbol invade la superficie de la vereda, ésta deberá cubrirse con algún tipo de alcorque que mantenga la continuidad.

Se deberá tener especial cuidado con la elección de especie arbórea, no se podrán utilizar especies con raíces superficiales ya que pueden levantar el pavimento de la vereda.



**Figura 3.8.73**  
Arbolado Urbano

### 3.8.7.4 Rejas, Rejillas, Sumideros Alcorques y Otros

Dentro de la ruta accesible, se evitara colocar elementos tales como rejillas de ventilación, tapas de registro, juntas de dilatación, alcorques y cualquier otro elemento de esta naturaleza, en caso que la instalación de estos elementos, dentro de la ruta sea inevitable, estos no podrán tener una separación mayor a 1.5cm entre sí, se deberán ubicar a nivel de pavimento y en caso de contar con barras o rejas, estas deberán ubicarse en forma perpendicular al sentido del flujo peatonal.

### 3.8.7.5 Juegos Infantiles

Cuando el proyecto considere juegos infantiles, estos deberán estar conectados a la ruta accesible, y al menos un porcentaje de ellos corresponderá a juegos accesibles. Respetando siempre el área de seguridad de cada uno de estos, la cual es definida por el fabricante.

## 3.8.8 **Calzada y Acera al mismo nivel**

Cuando se consulte la acera y la calzada al mismo nivel, la solera será reemplazada por bolardos, se instalara una franja continua de pavimento podotáctil de alerta, adyacente a la línea imaginaria

que forman los bolardos a lo largo de la vía, y por el lado que corresponde a la acera. En este caso los bolardos deberán cumplir con lo siguiente:

- Deberá ser de color contrastante al pavimento
- Podrá tener dimensiones menores a 1m
- Jamás deben colocarse al centro de los cruces Peatonales ni en las zonas de circulación.
- En ningún caso podrán instalarse dentro de la ruta accesible
- Tendrán una distancia mínima de 0.9m entre sí.

### 3.9 PARADEROS

*“¿Es nuestro mundo, un mundo con acceso para todos? No lo es... pero puede llegar a serlo. Todo depende de todos y cada uno de nosotros. También de ti”(Elena Balaguer, 1992, reflexiones)*

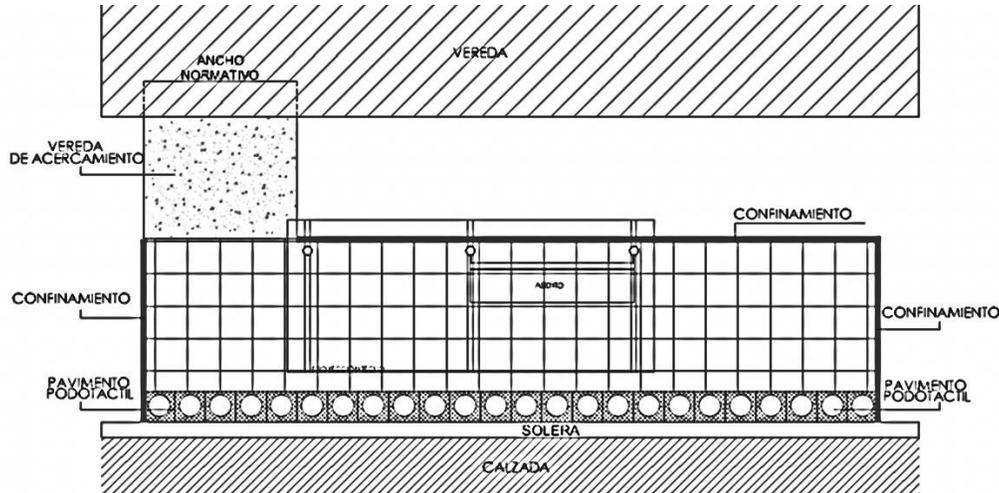
#### 3.9.1 Andén de Locomoción Colectiva en Aceras

Los andenes que se encuentren en aceras deberán cumplir con lo siguiente:

- Los andenes de locomoción colectiva no podrán obstaculizar la Ruta Accesible deberán estar conectados a ésta, en caso que el andén se encuentre alejado de la ruta, se deberá conectar mediante una vereda de acercamiento, tal como se indica los diagramas siguientes, según corresponda.
- El acceso a los andenes podrá materializarse por ambos extremos o sólo por uno, dependiendo de las condiciones de terreno; considerando que todos los accesos que se proyecten deben contar con un paso libre directo y despejado. En ningún caso se permitirá diseñar accesos que pasen entre los pilares del refugio.
- Se deberá trabajar todo el borde del andén para asegurar que no queden desniveles, para esto se realizarán las obras necesarias para nivelar con el terreno y/o pavimento existente.
- El perímetro del andén, que no se encuentra adosado a algún pavimento, siempre debe ser confinado con algún tipo de solera o solerilla.

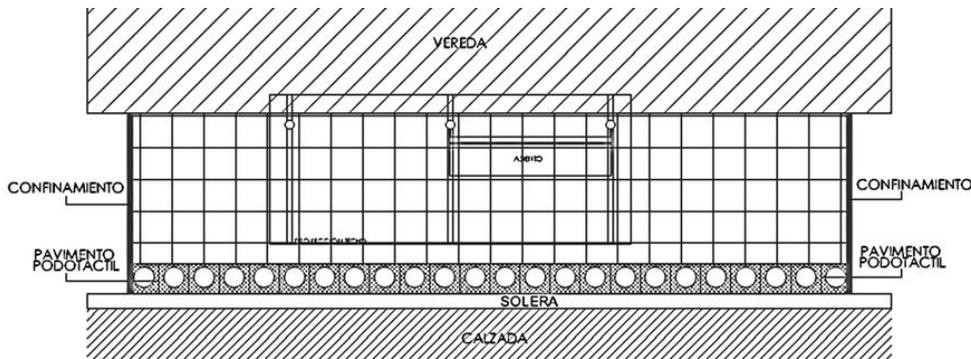
##### 3.9.1.1 Andén Alejado de la Vereda

Cuando el andén se encuentre alejado de la vereda se deberá proyectar una vereda de acercamiento de ancho correspondiente al de la vereda según el tipo de vía y en casos justificados podrá tener un mínimo de 1.2m.

**Figura 3.9.1.1**

Andén Alejado de la Vereda

(Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos en distintas eventualidades.)

**3.9.1.2 Andén Adosado a la Vereda****Figura 3.9.1.2**

Andén Adosado a la Vereda

(Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos en distintas eventualidades.)

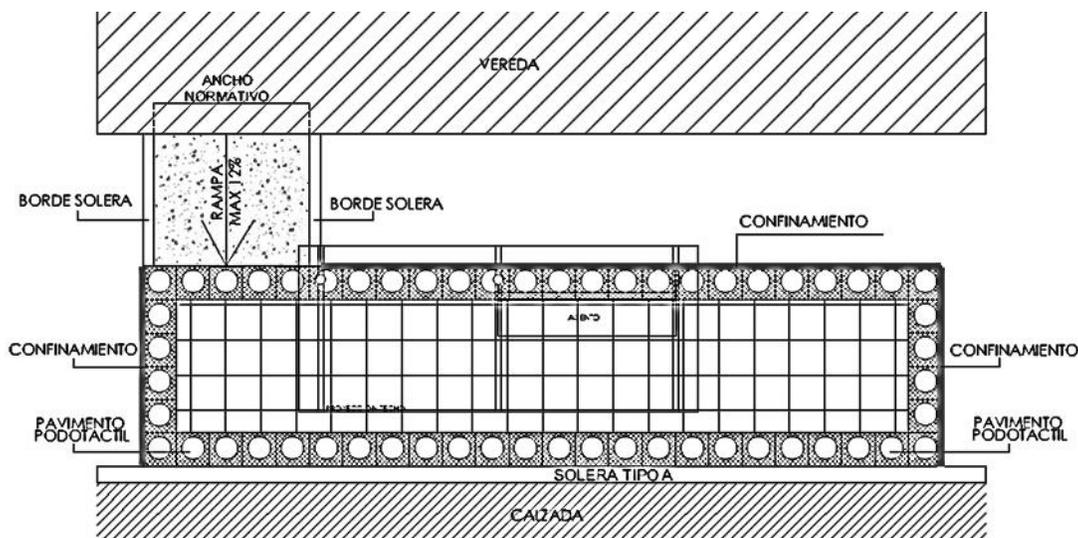
**3.9.1.3 Andén con Desnivel Respecto a la Vereda**

En caso que el andén se proyecte con algún tipo de desnivel respecto a la vereda, la distancia deberá salvarse mediante rampas antideslizantes que no sobrepasen el 12% de pendiente, las que deberán cumplir con lo siguiente, y tomando en cuenta que el acercamiento al paradero debe estar libre de obstáculos.

- Pendiente máxima de 12%.
- Con borde de solera de al menos 0.1m.
- La superficie deberá ser de un material antideslizante, firme, uniforme y permeable.
- El ancho corresponderá al de la vereda según el tipo de vía y en casos justificados podrá tener un mínimo de 1.2m.

- Al inicio y término de la rampa, deberá existir un área de al menos 1.5m por el ancho total de la rampa, que permita las maniobras de acercamiento o salida, el que deberá estar libre de obstáculos y resaltes.

Andén con desnivel alejado de la Vereda



**Figura 3.9.1.3**

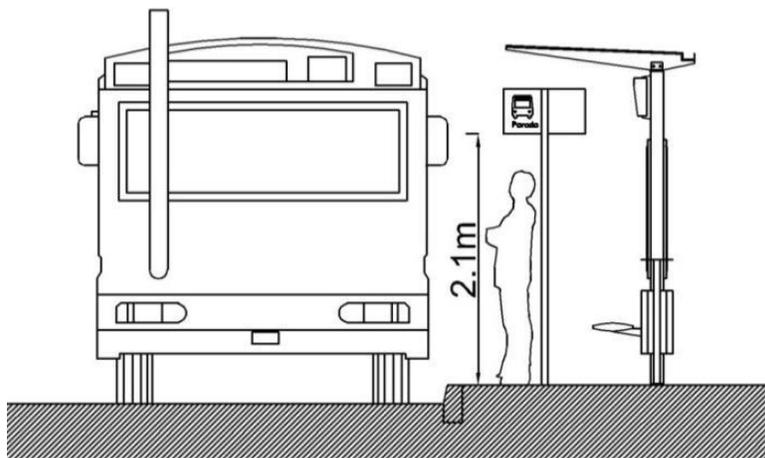
Andén con desnivel alejado de la Vereda

(Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos en distintas eventualidades.)

En andenes que tengan desniveles se utilizará una franja de 0.4m de Pavimento Táctil de Alerta por todo el perímetro del andén, con el fin de facilitar la detección del cambio de nivel a las personas con discapacidad visual.

3.9.1.4 Andén con información gráfica

Si el andén contempla algún tipo de información gráfica o publicitaria, esta información no debe interrumpir el tránsito peatonal y no podrá tener una altura libre menor a 2.1m desde la parte más baja de la placa informativa.



**Figura 3.9.1.4**

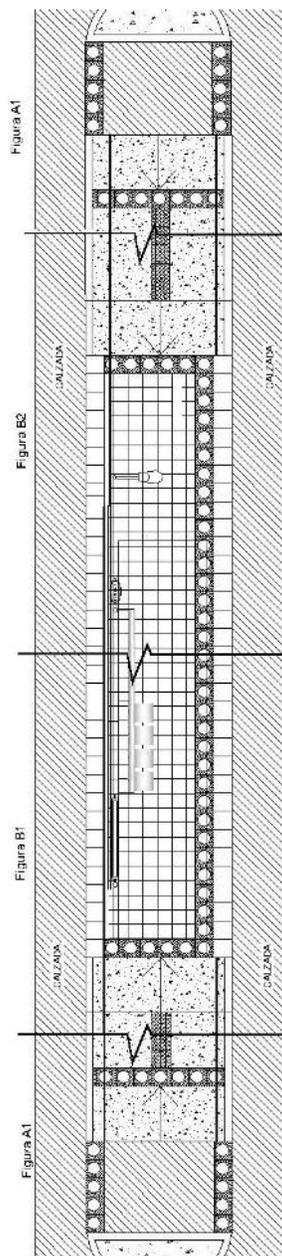
Andén - Información gráfica

**3.9.2 Andén de Locomoción Colectiva en Medianas**

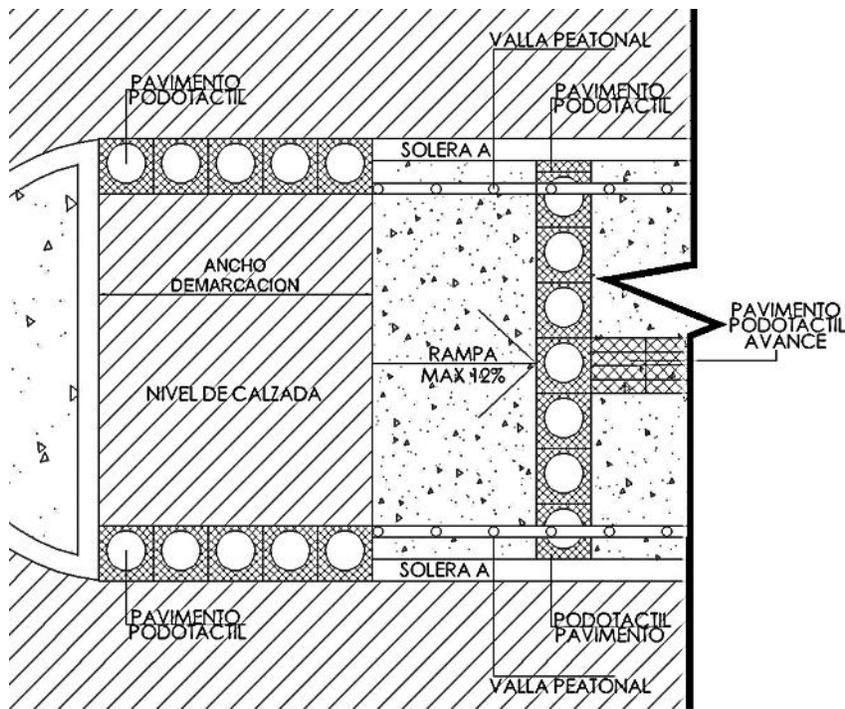
En los casos en que los andenes se proyecten en las medianas, estos deberán cumplir con lo siguiente:

- Dado el ancho de las medianas, el ingreso a los andenes se realizará por los costados.
- El pavimento táctil de avance seguro se instalará en el área que muestran los diagramas siguientes, siempre y cuando esta distancia sea mayor o igual a 1.5m; en caso que la distancia sea menor, no se incluirá este pavimento táctil.
- Cuando se trate de andenes con salida por un solo lado, se deberá proteger la zona de acceso, con una franja de seguridad, que podrá ser una jardinera de área verde, vallas, u otro elemento.
- La zona de la mediana que se encuentre abierta para el paso transversal de peatones, deberá tener el ancho de las líneas demarcatorias y en casos bien justificados, podrá tener un ancho mínimo de 1.5m.
- Se subirá a través de rampas que deben cumplir con lo siguiente:
  - Pendiente máxima de 12%.
  - Con valla peatonal, reja, pasamanos, u otro elemento de seguridad, por ambos lados.
  - La superficie debe ser de material antideslizante, firme, uniforme y permeable.
  - Al comenzar y al finalizar la rampa, debe existir un área de al menos 1.5m por el ancho total de la rampa, que permita las maniobras de acercamiento o salida, el que deberá estar libre de obstáculos y resaltes.
  - Antecediendo la parte más alta de la rampa se utilizará una franja de 0.4m de Pavimento Táctil de Alerta.

3.9.2.1 Andén con Salida por Ambos Lados

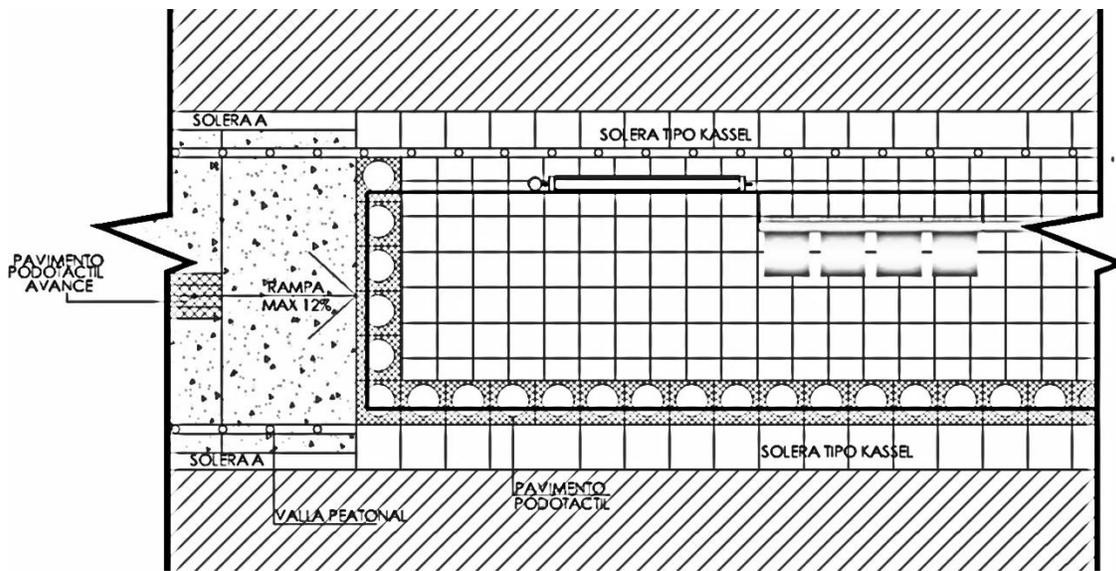


**Figura 3.9.2.1**  
Andén con Salida por Ambos Lados



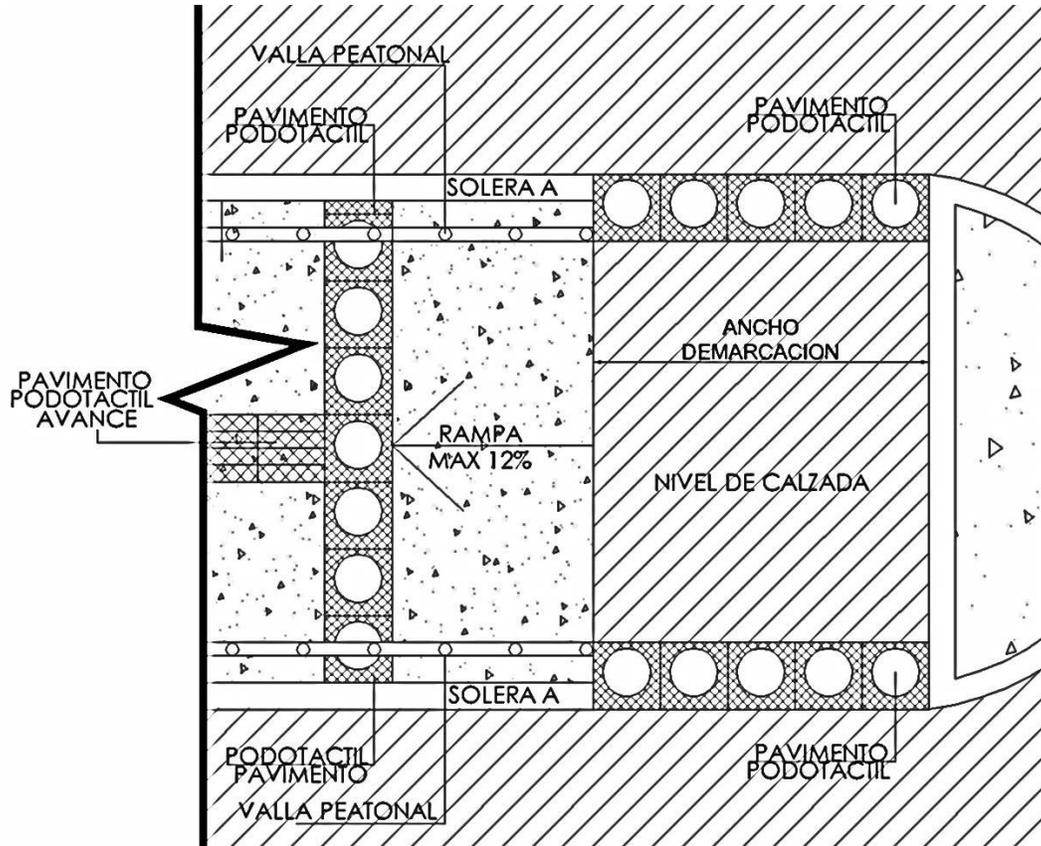
**Figura A1**

Andén con Salida por Ambos Lados



**Figura B1**

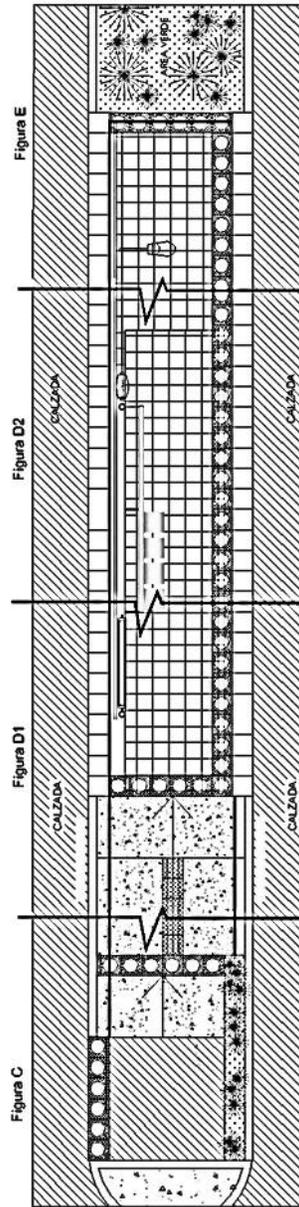
Andén con Salida por Ambos Lados



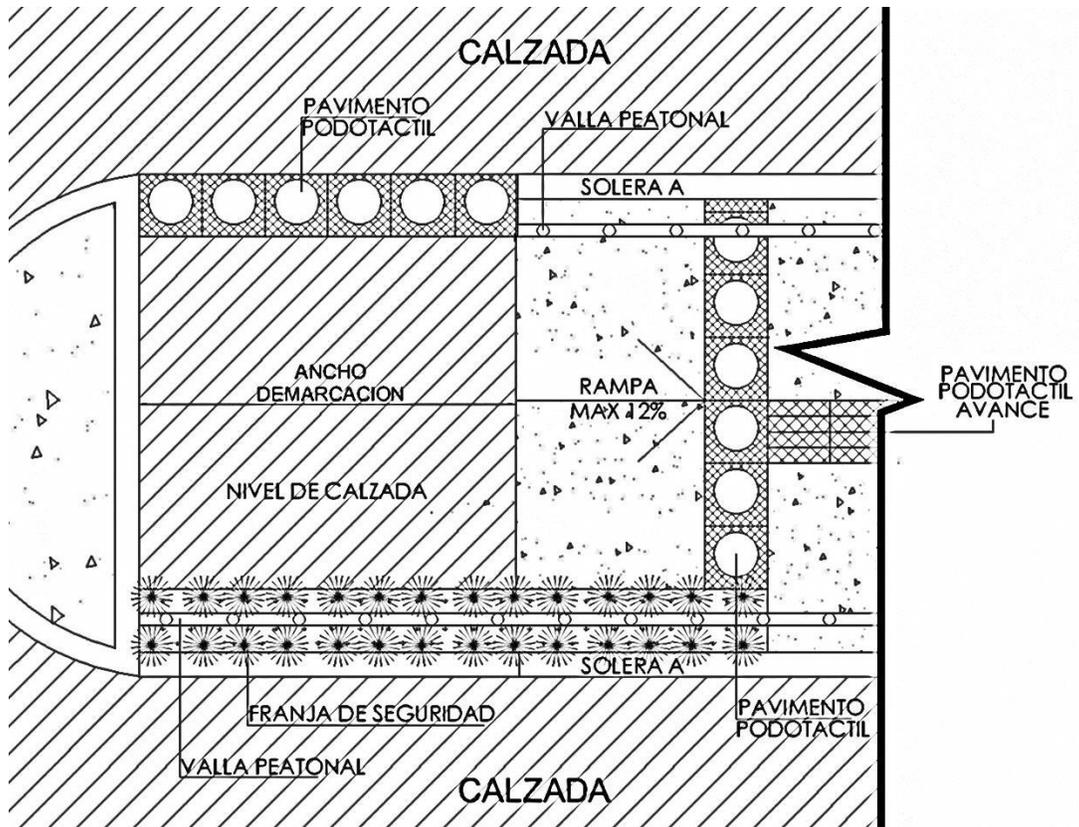
**Figura A1**

Andén con Salida por Ambos Lados

3.9.2.2 Andén con Salida por un Solo Lado



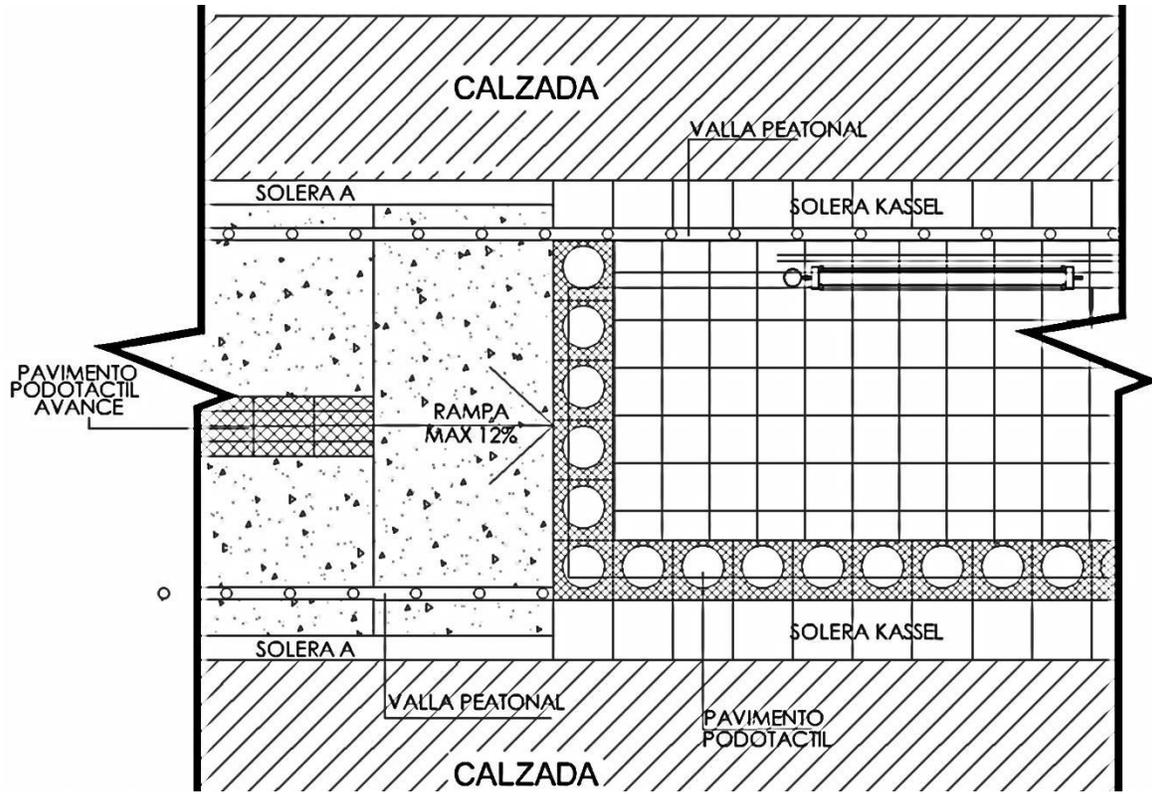
**Figura 3.9.2.2**  
Andén con Salida por un Solo Lado



CAP N°3

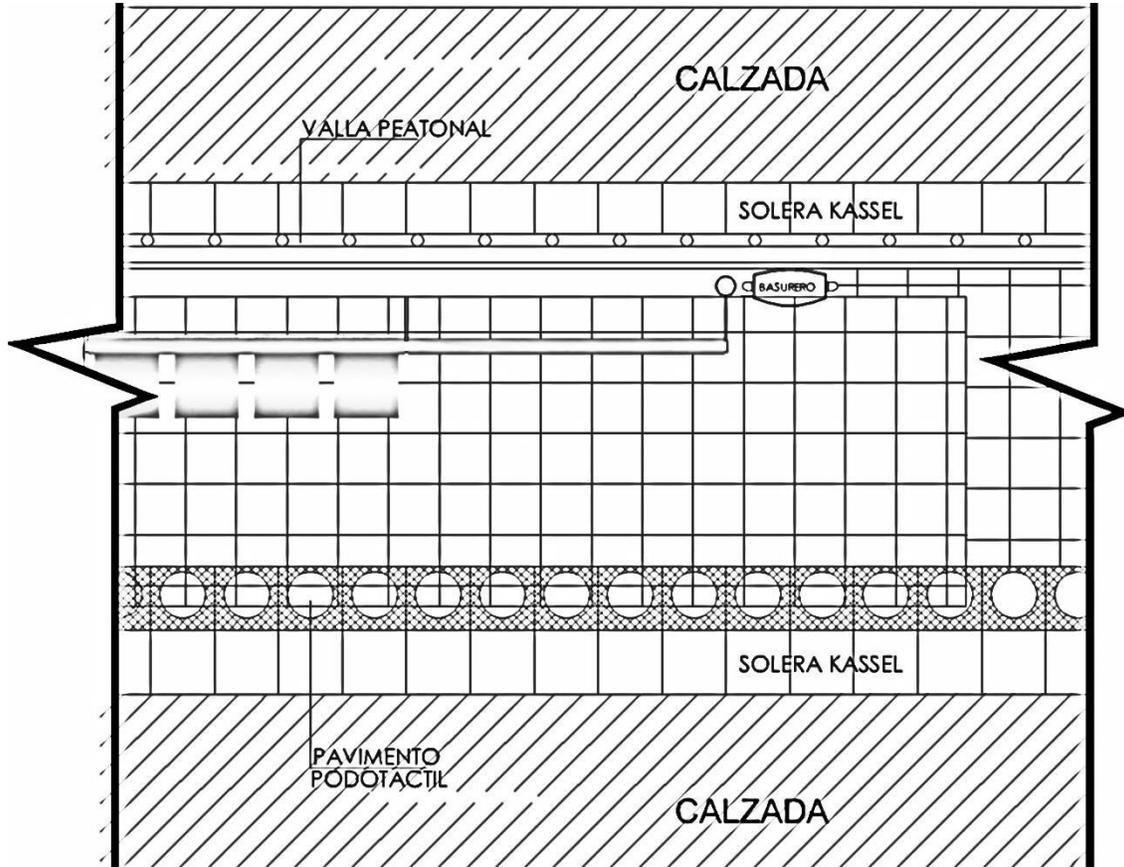
**Figura C**

Andén con Salida por un Solo Lado



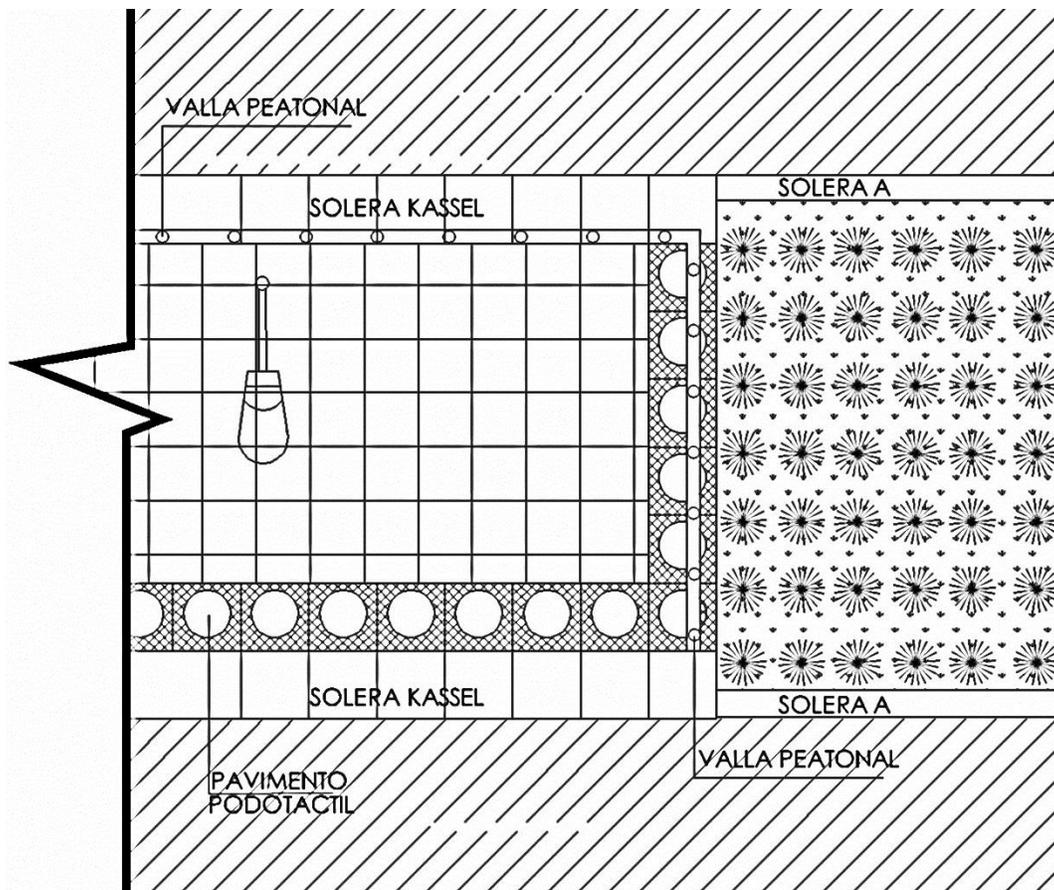
**Figura D1**

Andén con Salida por un Solo Lado



**Figura D2**

Andén con Salida por un Solo Lado

**Figura E**

Andén con Salida por un Solo Lado

### 3.10 MEDIANAS

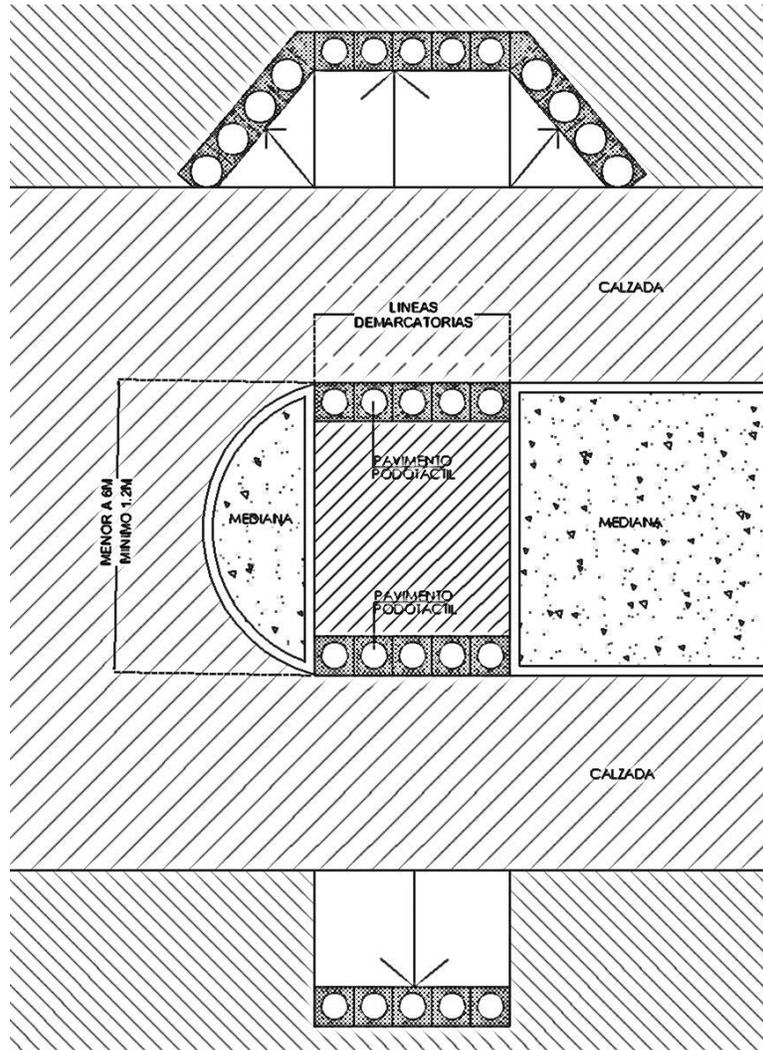
*"Entender que la accesibilidad es una necesidad para las personas con discapacidad y una ventaja para todo ciudadano" (Enrique Rovira – Beleta C. Arquitecto)*

#### 3.10.1 Medianas de Ancho Inferior a 6m

En las vías que consulten medianas con ancho menor a los 6m que sean atravesadas por pasos peatonales deberán cumplir con lo siguiente:

- Deberá rebajarse todo el ancho disponible para cruce peatonal, quedando a nivel de calzada
- Su ancho libre mínimo correspondiente al cruce peatonal será el de las líneas demarcatorias del paso para peatones que enfrenta. Cuando no existan líneas demarcatorias, su ancho libre será de 2m, a fin de permitir la permanencia de personas en silla de ruedas.
- Cuando la mediana consulte detención de peatones el ancho mínimo de esta será de 1.2m

- Los cruces que queden a nivel de calzada deberán considerar una franja de 0.4m de pavimento táctil de alerta, a modo de advertencia al cruce.
- Si la mediana consulta circulación peatonal a lo largo de esta, producto de algún tipo de actividad, como por ejemplo paradas de buses. se deberá resolver rebajando en todo su ancho la circulación longitudinal de la mediana, mediante rampas antideslizantes, las que deberán cumplir con lo señalado en el presente documento.



**Figura 3.10.1**

Medianas de Ancho Inferior a 6m

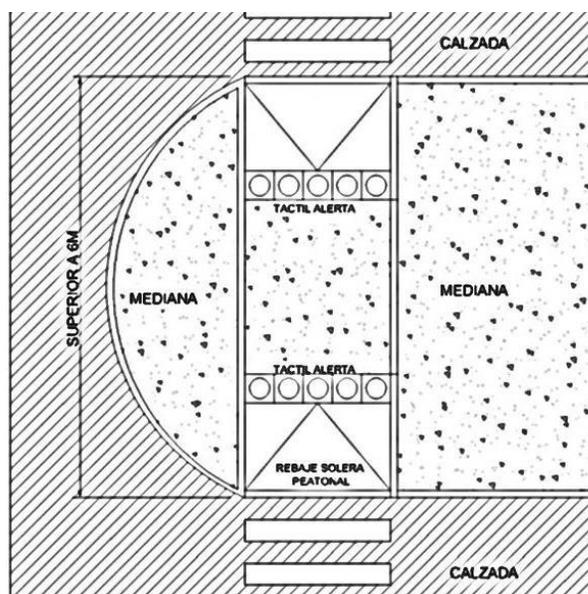
(Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos en distintas eventualidades.)

### 3.10.2 Medianas de Ancho Superior a 6m

En las medianas que tengan un ancho superior a 6 m, que sean atravesadas por pasos peatonales se deberá cumplir con lo siguiente:

- Implementar el rebaje de solera peatonal antideslizantes, que deberán cumplir con lo estipulado en el presente documento.

- El ancho libre mínimo correspondiente al cruce peatonal será el de las líneas demarcatorias del paso para peatones que enfrenta. Cuando no existan líneas demarcatorias, su ancho libre será de 2m, a fin de permitir la permanencia de personas en silla de ruedas.
- Si la mediana consulta circulación peatonal a lo largo de esta, producto de algún tipo de actividad, como por ejemplo paradas de buses, o cualquier otra actividad. Se deberá resolver mediante rampas antideslizantes, las que deberán cumplir con lo señalado en el presente documento.



**Figura 3.10.2**

Medianas de Ancho Superior a 6m

(Estos Diseños son meramente ilustrativos y sólo aportan criterios de cómo definirlos en distintas eventualidades.)

### 3.10.3 Medianas con Paso Peonatal en Sentido Longitudinal

En las medianas que consulten circulación peatonal a lo largo de esta, deberán cumplir con lo siguiente:

- Ancho mínimo libre para circulación será de 1.2m, considerando que debe dejar bordes laterales que protejan el tránsito peatonal.
- En caso que la mediana tenga un largo inferior a los 6m El paso longitudinal de peatones será a nivel de calzada
- Si los bordes laterales del paso están a menos de 1m de la calzada se deberá considerar la colocación de vallas, rejas u cualquier otro elemento de barrera cuya altura sea no menor a 0.95m.

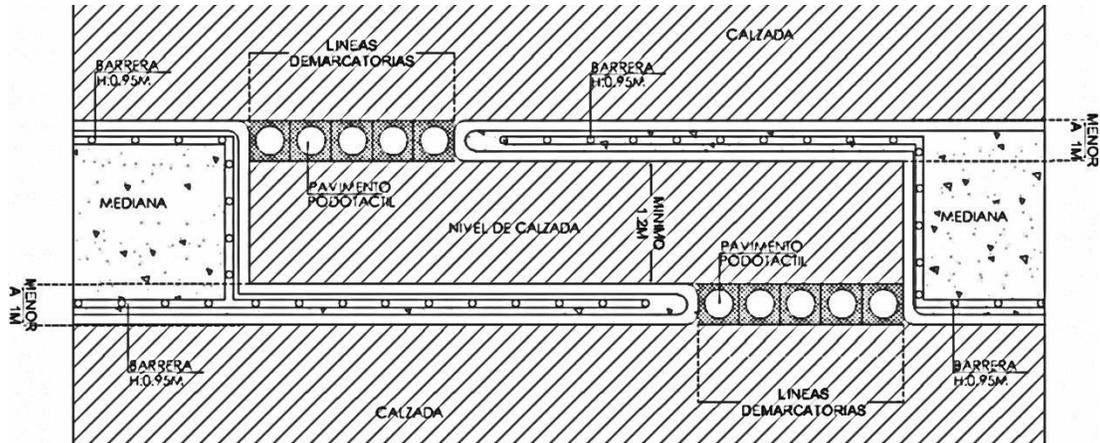


Figura 3.10.3-a

- En el caso que los bordes laterales del paso tengan a una distancia igual o superior a 1m de la calzada, se podrá prescindir de las barreras.

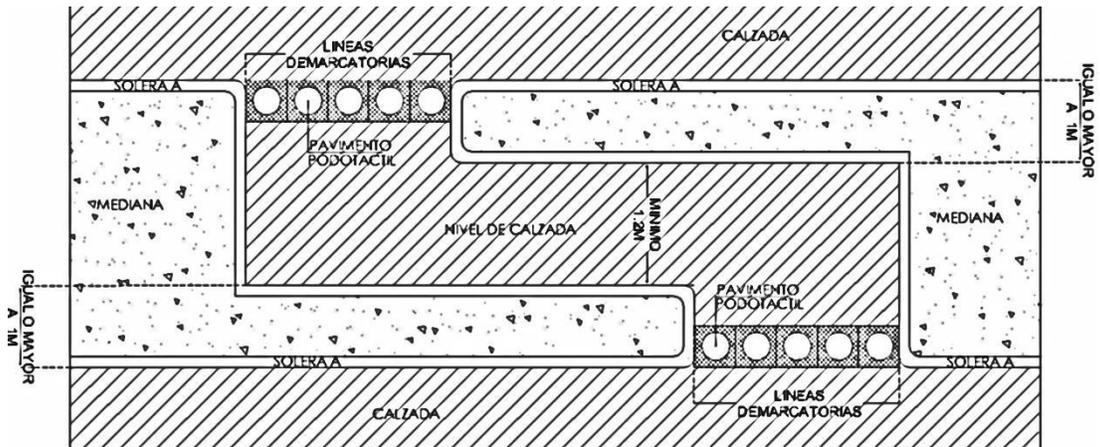


Figura 3.10.4-b

### 3.11 CICLOVÍA

*“El diseño para todos es una obligación que se deriva del derecho a la accesibilidad universal en toda y cada una de sus proyecciones” (Rafael de Asís – Instituto de derechos humanos Bartolomé de las casas, Universidad Carlos III de Madrid)*

Los cruces peatonales y las áreas destinadas a la espera de peatones deberán estar siempre segregados de las ciclovías, en ningún caso

Los cruces y encuentros con ciclovía se resolverán según lo estipulado en el capítulo de ciclovía, del presente documento. El que recoge los conceptos de accesibilidad.

<b>4</b>	<b>DISEÑO Y EJECUCIÓN DE CICLOVÍAS</b>	<b>2</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
<b>4.2</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>2</b>
<b>4.3</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>2</b>
<b>4.4</b>	<b>MARCO TÉCNICO</b>	<b>3</b>
<b>4.5</b>	<b>DEFINICIONES</b>	<b>4</b>
<b>4.6</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>8</b>
<b>4.7</b>	<b>CICLOINCLUSION EN LA VIALIDAD URBANA</b>	<b>8</b>
<b>4.8</b>	<b>ALTO ESTANDAR</b>	<b>9</b>
<b>4.9</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>9</b>
4.9.1	EMPLAZAMIENTO	10
4.9.2	ANCHO	11
<b>4.10</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO</b>	<b>24</b>
<b>4.11</b>	<b>TIPOS DE CICLOVIA</b>	<b>24</b>
<b>4.12</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>25</b>
4.12.1	CICLOVIA EN CALZADA	25
4.12.2	CICLOVIA EN ACERA	25
4.12.3	CICLOVIA SEGREGADA POR BANDEJON	25
<b>4.13</b>	<b>SEGREGACIONES</b>	<b>25</b>
4.13.1	SEGREGACION VISUAL	25
4.13.2	SEGREGACION FISICA DISCONTINUA	26
4.13.3	SEGREGACION FISICA CONTINUA	27
<b>4.14</b>	<b>INTERSECCIONES</b>	<b>33</b>
<b>4.15</b>	<b>ILUMINACION</b>	<b>35</b>
<b>4.16</b>	<b>SINGULARIDADES</b>	<b>36</b>
4.16.1	PARADEROS	36
4.16.2	CRUCES	39
4.16.3	ESTACIONAMIENTOS	40
4.16.4	AGUAS LLUVIAS	42
4.16.5	MEDIDAS DE TRAFICO CALMADO	42

## 4 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE CICLOVÍAS

### 4.1 INTRODUCCION

Paso a paso Chile, se ha unido a una tendencia mundial orientada a la diversificación del transporte, potenciando aquellos medios de movilización que logran un eficiente uso del espacio. Dentro de ellos, la bicicleta se posiciona como el competidor más fuerte del vehículo, debido a la capacidad de ser usada por todos los ciudadanos sin importar su rango etario, condición social, género o nivel socioeconómico. Sumado a esto se encuentran beneficios propios de su uso como:

- Mejora en la salud (30 minutos en bicicleta corresponden al 70% de la actividad física diaria recomendada por la OMS (Sallis et al, 2006)).
- Mejora la calidad de vida (al reducir los tiempos de viaje. Está comprobado que en distancias de hasta 5 km es más rápida que un auto).
- Es equitativa, al posicionar a todos los usuarios como iguales, eliminando la brecha que produce el automóvil.
- Es económica.
- Es un medio capaz de integrarse dentro de un sistema, potenciando la intermodalidad en el transporte público.
- No produce emisiones, lo que ayuda a la descontaminación.
- Reduce la contaminación por ruido.
- Mejora el uso del espacio público (una bicicleta ocupa 3m<sup>2</sup> y un auto 60m<sup>2</sup>).
- Es un atractivo turístico (la velocidad promedio de un viaje en bicicleta es de 16,4 km por hora, lo que permite reconocer la ciudad a medida que se avanza).

Ante este escenario y frente a una nueva actualización del Manual de Pavimentación, se hace indispensable, reflejar este cambio de mentalidad e incorporar nuevos criterios, asociados al desarrollo de proyectos cicloinclusivos que ayuden a esclarecer y orientar a todos aquellos actores, que de una u otra manera se relacionan e involucran en el hacer ciudad

### 4.2 ALCANCE

Los criterios de diseño contenidos en este capítulo, se enmarcan en las materias tratadas en el "Manual de Pavimentación" y serán de carácter obligatorio para todo proyecto u obras que se ejecuten en las calles de tuición del Serviu Metropolitano, sean con financiamiento público o privado, en concordancia con la legislación vigente.

### 4.3 MARCO LEGAL

En el año 2014, la nueva Política de Desarrollo Urbano, estableció principios y lineamientos que buscan ayudar a mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de nuestra ciudad, abordando los distintos aspectos que rigen el desarrollo de nuestras ciudades. Esta nueva política refleja un cambio de mentalidad, que apunta a una distribución más equitativa del espacio urbano, centrando su atención en las personas,

asegurando su movilidad dentro de la ciudad e incorporando aspectos urbanísticos como; usos peatonales, ciclovías, accesibilidad universal, entre otros, que fomentan la movilidad urbana a través del uso compartido del espacio público. Esta nueva mirada motivó la formación de una mesa de trabajo entre MINVU: MOP; SECTRA; MTT, CONASET, SERVIU RM, UOCT, GORE RM, varios municipios y miembros de la organización MUEVETE SANTIAGO (que agrupa a varias organizaciones ciudadanas en pro del uso de la bicicleta), consultores y profesionales en materia de transporte sostenible, la cual, mediante reuniones semanales entre marzo y diciembre del mismo año elaboró un documento técnico llamado “Vialidad Cicloinclusiva, Recomendaciones de Diseño” y “Construcción de Ciclovías - Estándar Técnico”, donde se entregaron los criterios mínimos para el diseño de este tipo de infraestructura.

Posteriormente el año 2016, se modificó la “Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”, que busca reconocer a la bicicleta como un medio de transporte urbano, estableciendo una serie de exigencias para su implementación.

El presente documento tiene por objeto guiar la formulación de propuestas y soluciones referidas al correcto diseño y ejecución de proyectos de ciclovías, el cual se enmarca en el siguiente contexto normativo.

- **Ley General de Urbanismo y Construcciones**
- **Ordenanza General de Urbanismo y Construcción – (Marzo 2016) (OGUC)**

Reglamenta la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles en los dos últimos.

- **Ley de Tránsito N°18.290 – (Marzo 2016)**

Instrumento oficial mediante el cual quedan sujetas todas las personas que como peatones, pasajeros o conductores de cualquiera clase de vehículos, usen o transiten por los caminos, calles y demás vías públicas, rurales o urbanas, caminos vecinales o particulares destinados al uso público.

- **Decreto 411 (Reglamento sobre conservación reposición de pavimentación y trabajos por cuenta de particulares)**

#### 4.4 MARCO TÉCNICO

- **Política de Desarrollo Urbano**
- **Vialidad Ciclo-Inclusiva: Recomendaciones de diseño (Abril 2016)**

Apoya la implementación de los objetivos planteados en la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNLU), en lo referente a acceso, movilidad y permanencia en el espacio público y la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte. Además, entrega conocimientos técnicos a tomadores de decisión y proyectistas para la planificación y el diseño de infraestructura vial ciclo-inclusiva.

- **Construcción de Ciclovías - Estándar Técnico (Mayo 2015)**

Describe los principales requerimientos constructivos asociados a las distintas partidas que componen la infraestructura del proyecto.

- **Movilidad Urbana Vol. 1 – Biciestacionamientos en Espacios Públicos (Septiembre 2013)**

Describe la información necesaria para implementar correctamente un sistema de estacionamientos de bicicletas, comprendiendo criterios y elementos que permitirán definir ubicación, cantidad, diseño, instalación y mantenimiento de los ciclisteros.

- **“Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (Mespivu)”, (MIDEPLAN, 1988).**
- **“Manual de Vialidad Urbana: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU)”, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2009).**
- **“Manual de Señalización de Tránsito”, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL, 2012).**
- **“Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas” (CROW, 2011).**
- **“Manual de Recomendaciones para la Habilitación de Biciestacionamientos en el Espacio Público” (MINVU, 2013).**
- **“Vialidad Ciclo-Inclusiva, Recomendaciones de Diseño”(MINVU, 2015).**
- **“Medidas de Tráfico Calmado. Guía Práctica” de 2010, de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET, 2010).**
- **“Análisis y Evaluación del Plan Maestro de Ciclovías del Gran Santiago” (SECTRA, 2013).**
- **“Análisis del Comportamiento de la Demanda de Infraestructura Especializada para Bicicletas” (SECTRA, 2013).**

#### 4.5 DEFINICIONES

- **Acera:** Parte de una vía destinada principalmente para circulación de peatones, separada de la circulación de vehículos. (1)
- **Adelantamiento:** Maniobra efectuada por el costado izquierdo del eje de la calzada, mediante la cual un vehículo se sitúa delante de otro u otros que le antecedían. (2)
- **Alto Estandar:** Definido por 7 factores (Geometría, Emplazamiento, Intersecciones, Demarcaciones, Iluminación, Contadores de Flujo, Biciestacionamientos). Para proyectos Serviu, estos factores se dividen en obligatorios y opcionales según lo establecido en el punto 4.8 del presente capítulo de ciclovías.
- **Bandejón:** Superficie libre entre las calzadas, que forma parte de la vía a la que pertenece y que separa flujos del mismo sentido.
- **Bicicleta:** Vehículo de dos ruedas no motorizado, que se usa como medio de transporte, no contamina y ocupa poco espacio.
- **Biciestacionamiento:** Lugar reservado para estacionar bicicletas. (3)
- **Bicicletero:** Estructura o dispositivo que permite sostener y anclar una o más bicicletas. (3)
- **Calzada:** Parte de una vía destinada a la circulación de vehículos motorizados y no motorizados.(1)
- **Ciclovía o ciclopista:** Espacio destinado al uso exclusivo de bicicletas y triciclos. (2)
- **Ciclovía Bidireccional:** Espacio destinado a la circulación de bicicletas y triciclos en ambos sentidos.

- **Ciclovía Conectora:** Tiene la finalidad de unir tramos de ciclovías existentes que por alguna razón su trazado quedo interrumpido durante ciertos metros.
- **Ciclovía Unidireccional:** Espacio destinado a la circulación de bicicletas y triciclos en un solo sentido.
- **Conductor:** Toda persona que conduce, maneja o tiene control físico de un vehículo motorizado en la vía pública; que controla o maneja un vehículo remolcado por otro; o que dirige, maniobra o está a cargo del manejo directo de cualquier otro vehículo, de un animal de silla, de tiro o de arreo de animales. (2)
- **Criterios de Diseño:** Se refiere a los 6 requisitos básicos, definidos en el manual de Vialidad Cicloinclusiva, que toda ruta de ciclovías deben tener:
  1. Conexa
  2. Coherente
  3. Directa
  4. Segura
  5. Cómoda
  6. Atractiva.
- **Cruce:** La unión de una calle o camino con otros, aunque no los atraviese. Comprende todo el ancho de la calle o camino entre las líneas de edificación o deslindes en su caso. (2)
- **Cruce regulado:** Aquél en que existe semáforo funcionando normalmente, excluyendo la intermitencia; o hay carabinero dirigiendo el tránsito. (2)
- **Centro de atracción:** Corresponde a todos aquellos usos que individualmente o en conjunto, atraen constantemente personas, como son: comercio, Bancos, Parques, Colegios, Centros de Salud, etc,
- **Demarcación:** Símbolo, palabra o marca, de preferencia longitudinal o transversal, sobre la calzada, para guía del tránsito de vehículos y peatones. (2)
- **Derecho preferente de paso:** Prerrogativa de un peatón o conductor de un vehículo para proseguir su marcha. (2)
- **Detención:** Paralización a que obligan los dispositivos de señalización del tránsito o las órdenes de los funcionarios encargados de su regulación, como asimismo, la paralización breve de un vehículo para recibir o dejar pasajeros, pero sólo mientras dure esta maniobra. (2)
- **Diseño universal:** La actividad por la que se conciben o proyectan, desde el origen, entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos, instrumentos, dispositivos o herramientas de forma que puedan ser utilizados por todas las personas o en su mayor extensión posible. (1)
- **Eje de calzada:** La línea longitudinal a la calzada, demarcada o imaginaria, que determinará las áreas con sentido de tránsito opuesto de la misma; al ser imaginaria, la división es en dos partes iguales. (2)
- **Esquina:** Vértice del ángulo que forman las líneas de edificación o deslinde convergentes, según sea el caso. (2)
- **Estacionamiento o aparcamiento:** Lugar permitido por la autoridad para estacionar;

- **Estacionar:** Paralizar un vehículo en la vía pública con o sin el conductor, por un período mayor que el necesario para dejar o recibir pasajeros. (2)
- **Edificio de estacionamiento:** Inmueble destinado a guardar vehículos motorizados y/o no motorizados. (1)
- **Espacio público:** Bien nacional de uso público, destinado a circulación y esparcimiento entre otros. (1)
- **Estación de intercambio modal:** Inmueble destinado al intercambio de pasajeros entre distintos modos de transporte, tipos de servicios y/o vehículos de transporte público. (1)
- **Huella podotáctil:** Recorrido de pavimento con texturas en sobre relieve y contraste cromático respecto del pavimento circundante, destinada a guiar y/o alertar de los cambios de dirección o de nivel en una circulación peatonal. (1)
- **Instalación de publicidad:** Todo elemento publicitario ubicado en la vía pública o que pueda ser visto u oído desde la misma. (1)
- **Intersección:** Área común de calzadas que se cruzan o convergen. (2)
- **Mediana:** isla continua, realizada altiméricamente mediante soleras, que separa flujos vehiculares de sentido opuesto.
- **Movilidad:** Capacidad de una persona o grupo de personas, para desplazarse dentro de la ciudad, usando libremente los distintos medios de transporte, dentro de una infraestructura diseñada para acoger y motivar dicho desplazamiento, más allá de sus limitaciones.
- **Línea de detención de vehículos:** Línea transversal a la calzada, demarcada o imaginaria, antes de una intersección o un paso para peatones, que no debe ser sobrepasada por los vehículos que deban detenerse. Si no estuviera demarcada, se entiende que está: en cruces regulados y pasos para peatones, a no menos de un metro antes de éstos; y en otros cruces, justo antes de la intersección. (2)
- **Pasaje:** Vía destinada al tránsito peatonal con circulación eventual de vehículos, con salida a otras vías o espacios de uso público, y edificada a uno o ambos costados. (1)
- **Paso para peatones:** Senda de seguridad en la calzada, señalizada conforme al reglamento. En cruces regulados no demarcados, corresponderá a la franja formada por la prolongación imaginaria de las aceras. (2)
- **Pendiente promedio de un terreno:** Porcentaje que señala la o las inclinaciones de un terreno con respecto al plano horizontal, calculado de acuerdo a un método geográfico o geométrico generalmente aceptado. (1)
- **Persona con discapacidad:** Aquella que, teniendo una o más deficiencias físicas, mentales, sea por causa psíquica o intelectual, o sensoriales, de carácter temporal o permanente, al interactuar con diversas barreras presentes en el entorno, ve impedida o restringida su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás. (1)
- **Pista de circulación:** Faja demarcada o imaginaria destinada al tránsito de una fila de vehículos.
- **Pista de uso exclusivo:** Espacio de la calzada debidamente señalizado, destinado únicamente al uso de ciertos vehículos, determinados por la autoridad correspondiente. (2)

- **Pista recreativa:** Corresponde a áreas destinadas al tránsito de vehículos a tracción humana, ubicados dentro de un parque o área verde. Cuya función principal no está destinada al transporte, sino a complementar dichas áreas, por tanto no serán alternativas de diseño para ciclovías.
- **Profesional competente:** Arquitecto, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor o Constructor Civil, a quienes, dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, les corresponda efectuar las tareas u obras a que se refiere la Ley General de Urbanismo y Construcciones y la presente Ordenanza. (1)
- **Profesional especialista:** Profesional competente o bien otros profesionales tales como Ingenieros de Tránsito, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Agrónomos, Ingenieros Químicos, Ingenieros Forestales, Geógrafos, Geólogos, u otros cuyas especialidades tengan directa relación con el estudio que suscriben. (1)
- **Proyectista:** Profesional competente que tiene a su cargo la confección del proyecto de una obra sometida a las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (1)
- **Proyecto:** Conjunto de antecedentes de una obra que incluye planos, memorias, especificaciones técnicas y, si correspondiere, presupuestos. (1)
- **Rebaje de solera:** Disposición de la solera que se utiliza en los cruces peatonales y accesos vehiculares que cuenta con una plataforma inclinada libre de obstáculos, para salvar el cambio de nivel entre calzada y vereda. (1)
- **Red Vial Básica:** Conjunto de vías existentes, que por su especial importancia para el transporte urbano, pueden ser reconocidas como tales en los instrumentos de planificación territorial. (1)
- **Red Vial Estructurante:** Conjunto de vías existentes o proyectadas, que por su especial importancia para el desarrollo del correspondiente centro urbano, deben ser definidas por el respectivo instrumento de planificación territorial. (1)
- **Ruta Accesible:** Parte de una vereda o de una circulación peatonal, de ancho continuo, apta para cualquier persona, con pavimento estable, sin elementos sueltos, de superficie homogénea, antideslizante en seco y en mojado, libre de obstáculos, gradas o cualquier barrera que dificulte el desplazamiento y percepción de su recorrido. (1)
- **Semáforos:** Dispositivo luminoso mediante el cual se regula la circulación de vehículos y peatones. (2)
- **Señal de Tránsito:** Los dispositivos, signos y demarcaciones oficiales, de mensaje permanente o variable, instalados por la autoridad con el objetivo de regular, advertir o encauzar el tránsito. (2)
- **Sobrepasar:** Maniobra mediante la cual un vehículo pasa a otro u otros que circulan en el mismo sentido sin traspasar el eje de la calzada. (2)
- **Suelo Natural:** Estado natural del terreno anterior a cualquier modificación artificial practicada en él.
- **Separador:** Elemento separador de flujos, utilizado encauzar el tránsito vehicular y de ciclovía.
- **Tráfico calmado:** Medidas que apuntan a calmar las velocidades vehiculares. Si bien su aplicación se vincula mayormente a sitios puntuales (o tramos), este enfoque ha ido evolucionado hacia un enfoque integral, cuyo objetivo es producir una red vial por la cual se conduce calmadamente y en forma segura, a una velocidad apropiada para el entorno y para los usuarios más vulnerables.
- **Vereda:** Parte pavimentada de la acera. (1)

- **Vía:** Espacio destinado a la circulación de vehículos motorizados y no motorizados y/o peatones. (1)

- **Singularidad:** Situación de excepción donde no hay más alternativa que sacrificar el ancho de la sección para salvar un evento relevante. (4)

<sup>1</sup> Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

<sup>2</sup> Ley de Tránsito N° 18.290

<sup>3</sup> Movilidad Urbana Volumen 1 – Biciestacionamientos en Espacios Públicos

<sup>4</sup> Vialidad Ciclo-Inclusiva – Recomendaciones de Diseño

<sup>5</sup> REDEVU

## 4.6 CRITERIOS DE DISEÑO

Todo proyecto de ciclovia debe regirse por 6 principios de diseño que buscan asegurar su uso continuo en el tiempo y la capacidad de atraer nuevos usuarios constantemente. Estos principios deben estar presente tanto en un tramo en particular, como en toda la red y se definen como:

1. **Segura:** El proyecto debe proteger al usuario, evitando al máximo los conflictos con tránsito motorizado, para esto se debe prestar especial atención en los puntos de conexiones, cruces y áreas de estacionamientos. De igual manera se debe asegurar la lectura clara del trazado de la ciclovia, no solo por el ciclista sino también por todos los usuarios de la red vial. Nivel de Iluminación adecuada al entorno.
2. **Conexa:** Es decir debe tener conexión, relación o estar enlazada con otras rutas del sistema vial o centros de atracción, para asegurar la unión origen/destino.
3. **Coherente:** Se refiere a la continuidad en el trazado, en la claridad de señalizaciones y demarcaciones, para lograr un sistema integral con una fácil lectura por parte del usuario.
4. **Directa: Este** factor influye directamente en los tiempos de viaje y está orientado a evitar paradas y recorridos innecesarios
5. **Cómoda:** Se refiere a la elección de la geometría, materialidad de pavimentos y selección vegetal para este tipo de proyectos, los que deben asegurar un desplazamiento tranquilo y agradable al usuario de la misma.
6. **Atractiva:** Este factor está relacionado con la imagen urbana que proyecta la ciclovia, un espacio bien iluminado, seguro socialmente, asociado a centros de atracción o áreas verdes, mobiliario urbano y una arborización acorde que provea de sombra, atraerá usuarios y será concebido como un aporte al entorno.

## 4.7 CICLOINCLUSIÓN EN LA VIALIDAD URBANA

Para lograr una correcta ciclo-inclusión en la vialidad urbana, la infraestructura vial puede acoger un proyecto de este tipo de tres maneras básicas:

**1.- Circulación compartida:** Básicamente se plantea el uso compartido de las vías en áreas como: zonas 30, pasajes, vías locales. Para lograr un funcionamiento óptimo de estas áreas, es necesario asegurar una reducción de velocidad de los vehículos motorizados, para esto es posible utilizar:

- Deflexiones Verticales (aceras continuas, plataformas, lomos de toro)

- Deflexiones Horizontales (reducción de radios, chicanas, estrechamientos, disposición alternada de estacionamientos, ampliación de aceras peatonales)
- Percepción (cambio de texturas y colores, umbrales, efectos ópticos y táctiles)
- Gestión de Tránsito (cambios de sentido de tránsito, discontinuidad de flujos en mallas locales solo para vehículos motorizados)

**2.- Circulación Segregada (Ciclovia):** Cuando las velocidades del tránsito sean inseguras para compartir las vías con un vehículo motorizado, es necesario segregar la circulación de bicicletas, estableciendo un área para el tránsito exclusivo de estas (Ciclovia), tal como lo establece la Ordenanza General de Construcciones en su artículo 2.3.2 bis número 2 letra a).

**3.- Circulación Independiente:** Corresponde a aquellas ciclovías emplazadas en vías expresas o parques (vías Verdes).

Debido a que los proyectos ejecutados por SERVIU se enmarcan en intervenciones viales, el tipo de cicloinclusión abordada en el presente manual será la **Circulación Segregada (Ciclovia)**.

#### 4.8 ALTO ESTANDAR

Para que un proyecto de ciclovia sea considerado de "Alto Estándar", debe resolver 7 requisitos básicos: Geometría, Emplazamiento, Intersecciones, Demarcaciones, Iluminación, Contadores de Flujo, Biciestacionamientos.

Sin embargo, para efecto de proyectos SERVIU, se entenderán como obligatorios para aprobar un proyecto de este tipo los siguientes:

- Geometría, vías más anchas y cómodas, con segregación visible y segura.
- Emplazamiento, en calzadas preferentemente unidireccionales, por costado derecho.
- Intersecciones, bien resueltas, segregando peatones de ciclistas.
- Demarcaciones, azul en los cruces, con tachas reflectantes.

Luego, dependiendo de la realidad existente en el lugar de emplazamiento y las características presupuestarias del proyecto, se entenderán como opcionales los siguientes:

- Iluminación, Se evaluará de acuerdo al entorno, si las condiciones propias del emplazamiento poseen el requerimiento de iluminación indicados en el punto 4.15 del presente manual, este ítem podría no considerarse. De no ser así, se deberá complementar la iluminación existente, hasta garantizar los niveles indicados en dicho punto.
- Contadores de Flujo, Automáticos y resistentes al Vandalismo.
- Biciestacionamientos, Con bicicleteros tipo U invertida o similar.

#### 4.9 CRITERIOS DE DISEÑO

Al enfrentarse al diseño geométrico de un proyecto de ciclovías, es necesario tener presente ciertos criterios básicos, relacionados con: el ancho de la ciclovia y su emplazamiento.

**4.9.1 EMPLAZAMIENTO**

En cuanto a su emplazamiento, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en su artículo 2.3.2 bis, establece que las ciclovía deben formar parte de la calzada de una vía. Excepcionalmente, cuando se requiera conectar ciclovías, podrán ubicarse en la mediana o en un bandejón, o como parte de la acera, sin afectar la vereda.

Por otro lado, la ley 18290 de Transito, articulo 117, establece que “Ningún vehículo podrá circular a menor velocidad que la mínima fijada para la respectiva vía. En todo caso, los vehículos que, dentro de los límites fijados circulen a una velocidad inferior a la máxima, deberán hacerlo por su derecha”.

Para dar cumplimiento a lo estipulado en la Ordenanza, las prioridades de intervención en el espacio público, serán las indicadas en la siguiente tabla. Entendiéndose por Nivel 1 a la primera opción a evaluar al enfrentarse a un proyecto de ciclovía, pudiendo pasar al Nivel 2, **SOLO** si se descarta la primera opción de intervención y así sucesivamente.

**Tabla 4.9.1**

Niveles de Intervención

Nota: En ningún caso debe considerarse reducir veredas.

Nivel	Intervención
1	Eliminar Estacionamientos
2	Regular ancho de Pistas *
3	Realizar Ensanche de Calzada
4	Eliminar Pistas autos particulares
5	Rehacer Medianas
6	Reducir Aceras
7	Expropiar

\* Al regularizar el ancho de pistas, éstas deben cumplir con lo establecido en el artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Las ciclovias deberán ser preferentemente unidireccionales, si por necesidad de conformar una red, se emplaza una ciclovía bidireccional en una via unidireccional o en pistas unidireccionales de una vía, éstas deberán ser reforzadas por la señalización que sea necesaria, para alertar a los usuarios de vehículos motorizados que atraviesan la ciclovía en forma transversal, la existencia de un contraflujo de ciclistas.

Para asegurar su correcta operación las ciclovias deberán emplazarse en el costado derecho de la calzada, lo cual permite mejorar maniobra como: ingreso y salida de la ciclovía, conexión con ciclovias perpendiculares, etc..

De igual forma, si se diseñan sistemas pares de flujos separados en calles separadas, se recomienda que éstas no estén a más de 200 mt. de distancia entre ellas.

No se permitirá el emplazamiento de ciclovías por el costado de bandejones, debido a lo peligroso que resulta la maniobra de cruce para los ciclistas.

#### 4.9.2 ANCHO

Para el ancho de la ciclovia, deben considerarse una serie de factores como son: el desequilibrio y zigzagado que se produce al iniciar la marcha producto de la baja velocidad, la posibilidad de adelantamiento de un ciclista a otro, facilitar las maniobras cuando se cruzan en sentidos opuestos o se acercan a elementos de borde, etc. Para esto se han definido los siguientes anchos mínimos recomendables.

**Tabla 4.9.2**  
Ancho Ciclovia

Ancho Ciclovia	Bidireccional	Unidireccional
Ancho Optimo	2.40 mt	1,80mt
Ancho Mín. absoluto en Singularidad	2.00 mt	1,20mt

Desde la figura N°4.9.3 a N°4.9.14, se esquematizan algunas soluciones típicas de emplazamiento de ciclovías. Sin embargo, se necesario aclarar que la elección de uno u otro debe ser en base a las características propias del entorno donde se emplaza.



**Figura 4.9.3**

Unidireccional por un lado de la calzada.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovia frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.4**  
Bidireccional por un lado de la calzada.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.5**

Unidireccional por ambos lados de la calzada.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovia frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.6**

Unidireccional por un lado de la calzada con estacionamientos a la derecha.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.7**

Bidireccional por un lado de la calzada con estacionamientos a la derecha.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.8**

Unidireccional por un lado de la calzada con estacionamientos a la izquierda.

(En esta solución los estacionamientos deben terminar 20 mt. antes del cruce, para permitir al conductor del vehículo motorizado, ver con la debida antelación al ciclista y tomar los resguardos necesarios antes de doblar y viceversa).

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovia frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.9**

Bidireccional por un lado de la calzada con estacionamientos a la izquierda.

(En esta solución los estacionamientos deben terminar 20 mt. Antes del cruce, para permitir al conductor del vehículo motorizado, ver con la debida antelación al ciclista y tomar los resguardos necesarios antes de doblar y viceversa).

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.10**

Unidireccional por un lado de la calzada sin modificar línea de postes.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.11**

Bidireccional por un lado de la calzada sin modificar línea de postes.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.12**

Unidireccional por ambos lados de la calzada sin modificar línea de postes.

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovia frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.13**

Unidireccional restándole metros a bandejones o medianas - situación existente

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.



**Figura 4.9.14**

Unidireccional restándole metros bandejones o medianas – solución proyectada

Nota: Estos esquemas son meramente ilustrativos y solo aportan criterios de cómo definir la ciclovía frente a distintas eventualidades. El correcto diseño dependerá de las variables encontradas en terreno.

Esta solución (Figura 4.9.13 y 4.9.14) considera restarle metros a los bandejones o medianas y redistribuir las pistas, para generar una ciclovía unidireccional a ambos lados de la calzada. Debido a los riesgos que conlleva para el ciclista los puntos de cruce, no se permitirá el uso de la mediana para el emplazamiento de la ciclovía.

**4.10 DISEÑO GEOMÉTRICO**

En relación al diseño geométrico de la ciclovía, se establecen los siguientes parámetros de diseño.

**Tabla 4.10.1**

Parámetros del diseño geométrico

(Fuente: Vialidad Cicloinclusiva: Recomendaciones de Diseño)

Nota: las velocidades del cuadro siguiente corresponden a velocidades de diseño vial.

Parámetros	BIDIRECCIONAL	UNIDIRECCIONAL
Velocidad de Diseño (Pendiente Long. Menor a 3%)	30km/h	30km/h
Velocidad de Diseño (Pendiente Long. entre 3,1 Y 6%)	50km/h	50km/h
Pendiente mínima	1%	1%
Pendiente Longitudinal máxima en tramos	6%	6%
Pendiente Transversal Máxima	3%	4%
Radio de Giro mínimo en tramos (pendiente long. Entre 0 y 3%)	20 mt para peralte de 8% 24 mt para peralte de 2%	20m para peralte de 8% 24m para peralte de 2%
Radio de Giro mínimo en tramos (Pendiente long. entre 3,1 y 6%)	68 mt para peralte de 8% 86 mt para peralte de 2%	68m para peralte de 8% 86m para peralte de 2%
Radio de giro mínimo en intersección	5mt	5mt
Galibo vertical mínimo	2,50mt	2,50mt

**4.11 TIPOS DE CICLOVIA**

El nuevo enfoque de los proyectos de ciclovía, traslada a la bicicleta, de un elemento de paseo y diversión a un medio de transporte, otorgándole un lugar dentro de la calzada, reconociéndola así como un vehículo. Uno, accesible, equitativo, económico y sustentable.

Sin embargo, se hace necesario unir esta nueva mirada, con los proyectos de ciclovía existentes dentro de nuestra ciudad y que por alguna razón su trazado quedo interrumpido en ciertos metros. Para esto la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en su Artículo 2.3.2 bis, autoriza el emplazamiento de proyectos de este tipo, en medianas, bandejones o acera, sólo para aquellos casos donde se busque conectar dos Ciclovías Existentes y mientras dicho proyecto no afecte la vereda.

De acuerdo a lo anterior, entonces podríamos establecer dos tipologías de Ciclovías:

- Ciclovía por calzada
- Ciclovía conectora (por calzada, acera, mediana o bandejón)

## 4.12 ESTRUCTURA

### 4.12.1 CICLOVIA EN CALZADA

Cuando la ciclovía se desarrolla por calzada, y se necesite de un ensanche de la misma o la conservación de la carpeta, para ubicarla, ésta deberá mantener el paquete estructural de la vía en la cual se emplaza. El diseño dependerá de la materialidad de la vía y por tanto deberá regirse por el capítulo respectivo del presente manual.

### 4.12.2 CICLOVIA EN ACERA

Cuando la ciclovía de naturaleza conectora deba emplazarse por acera, deberá tener un paquete estructural asimilado a un pasaje. El diseño deberá regirse por el capítulo respectivo del presente manual.

### 4.12.3 CICLOVIA SEGREGADA POR BANDEJON

Cuando la ciclovía esté segregada por bandejon, su estructura será independiente. El diseño dependerá del material y deberá regirse por el capítulo respectivo del presente manual.

## 4.13 SEGREGACIONES

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en su Artículo 2.3.2 bis, establece distintos niveles de segregación de acuerdo a la velocidad de operación de la vía. A mayor velocidad, mayor separación. De esta manera se establecen tres niveles, especificados en la siguiente tabla:

**Figura 4.13.1**  
Tipo de Segregadores

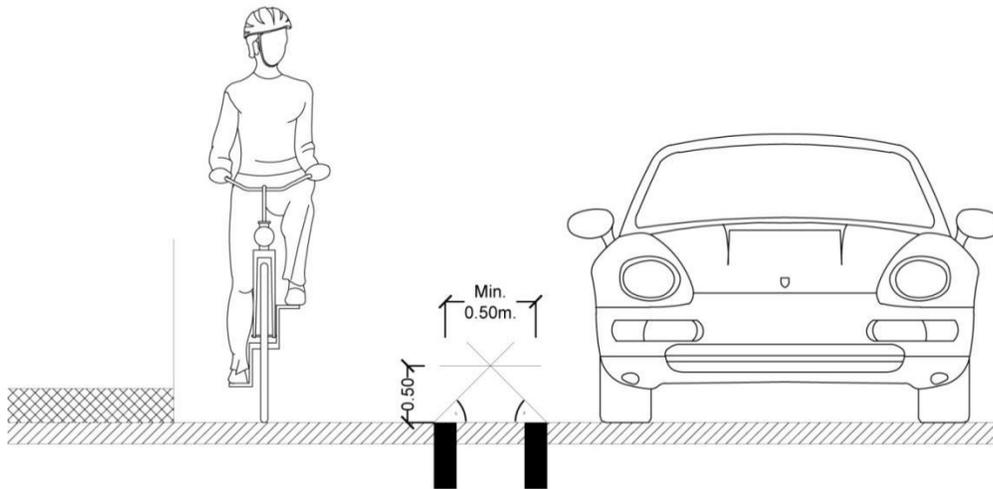
Velocidad Operativa	Tipo de Segregador
<30 km/h	No Necesita
>30km/h y <50km/h	Visual
> 50km/h	Físico

### 4.13.1 SEGREGACION VISUAL

En vías con velocidades de operación entre 30 y 50 km/hr, la segregación consistirá en una franja demarcada de seguridad de entre 30 y 50 cm de ancho, en cuyo eje se dispondrán tachas o tachones viales reflectantes a una distancia no mayor a 1m entre sí (Figura N°4.13.1). Dependiendo del tipo y la cantidad de vehículos (motorizados y no motorizados) se deberá evaluar la necesidad de segregarla físicamente, para asegurar la vida del ciclista.

### 4.13.2 SEGREGACION FISICA DISCONTINUA

Consistirá en una franja demarcada de seguridad de mínimo 50 cm de ancho, en cuyo eje se dispondrán elementos segregadores que impidan su invasión lateral por vehículos motorizados, pero que permitan su atravesado a los vehículos a energía humana que transitan por la ciclovia (Figura N°4.13.2 a N°4.13.7). Los segregadores deberán inscribirse en una envolvente definida por ángulos de 45° aplicados en los bordes de la franja de seguridad y un plano paralelo al pavimento de la calzada a 50 cm de altura (Figura N° 4.13.2).



**Figura 4.13.2**  
Segregación

#### a) Segregador

##### Diseño

El diseño de los segregadores deberá regirse por las siguientes características:

- Deberá minimizar los efectos sobre los usuarios de la ciclovia en caso de caídas.
- Ser permeable para el ciclista, pero no para el automóvil (Figura N°4.13.2 a N°4.13.8).
- Resistir los golpes laterales de vehículos menores y buses.
- Antivandálico.
- Estar disponible en el mercado para futuros reemplazos o ajustes.

##### Materialidad

Deberá ser de polipropileno de alta resistencia, PVC o caucho, en ningún caso elementos de hormigón discontinuos o resina, su fijación será mediante pernos de expansión, para permitir la mantención de la calzada y deberá tener elementos reflectantes como bandas retrorreflectivas.

Complementariamente a los elementos de segregación, podrán usarse tachas, tachones y elementos de iluminación LED.

**Emplazamiento**

El emplazamiento, será el indicado en planos, sin embargo es importante señalar que el eje de segregadores se debe discontinuar frente a accesos vehiculares, pasajes y calles. (Figura N°4.13.2 a N°4.13.8).

**b) Jardineras**

También, se podrán usar elementos como jardineras, para generar una segregación discontinua, siempre y cuando el ancho de la via así lo permita.

**4.13.3 SEGREGACION FISICA CONTINUA**

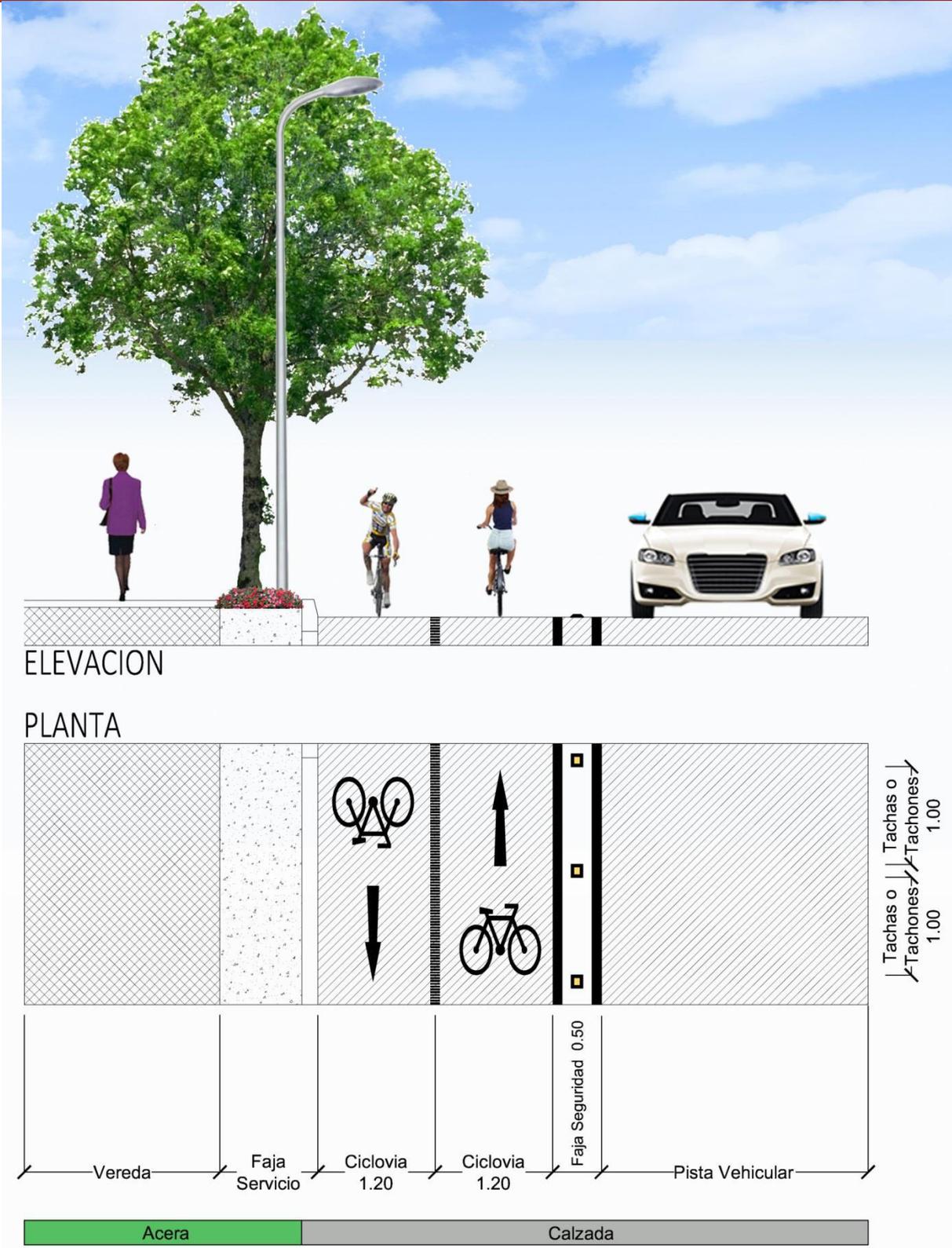
Consistirá en una franja continua de seguridad, tipo mediana o bandejon, que acompañará el desarrollo de la ciclovía de cruce a cruce, evitando la invasión lateral de vehículos motorizados a la ciclovía y viceversa. Está área tendrá un ancho variable según la siguiente tabla:

**Figura 4.13.3**  
Tipo de Segregadores

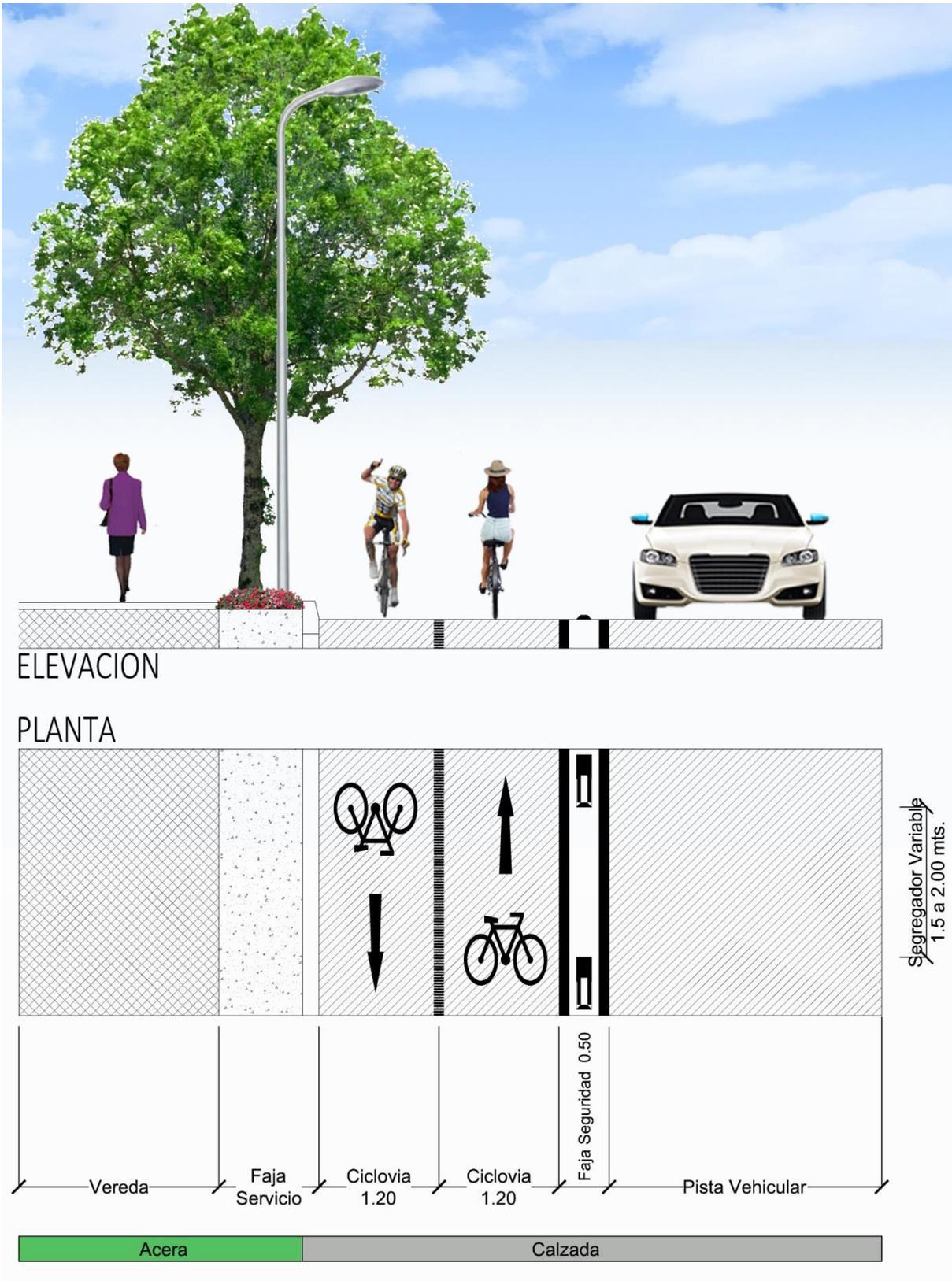
Uso	Ancho Minimo
Tránsito Peatonal	0.90 mts
Potación	0.80 mts
Paisajismo (Con Arborizacion)	1.20 mts
Paisajismo (Con Arbustos o Cubresuelos)	0.80 mts

Independiente del uso dado a este sector, se deberá asegurar que este elemento no bloquee los accesos vehiculares existentes. De igual manera se deberá, interrumpir 20 mts antes del cruce, permitiendo que los automovilistas, identifiquen la existencia de la ciclovía antes de llegar a él.

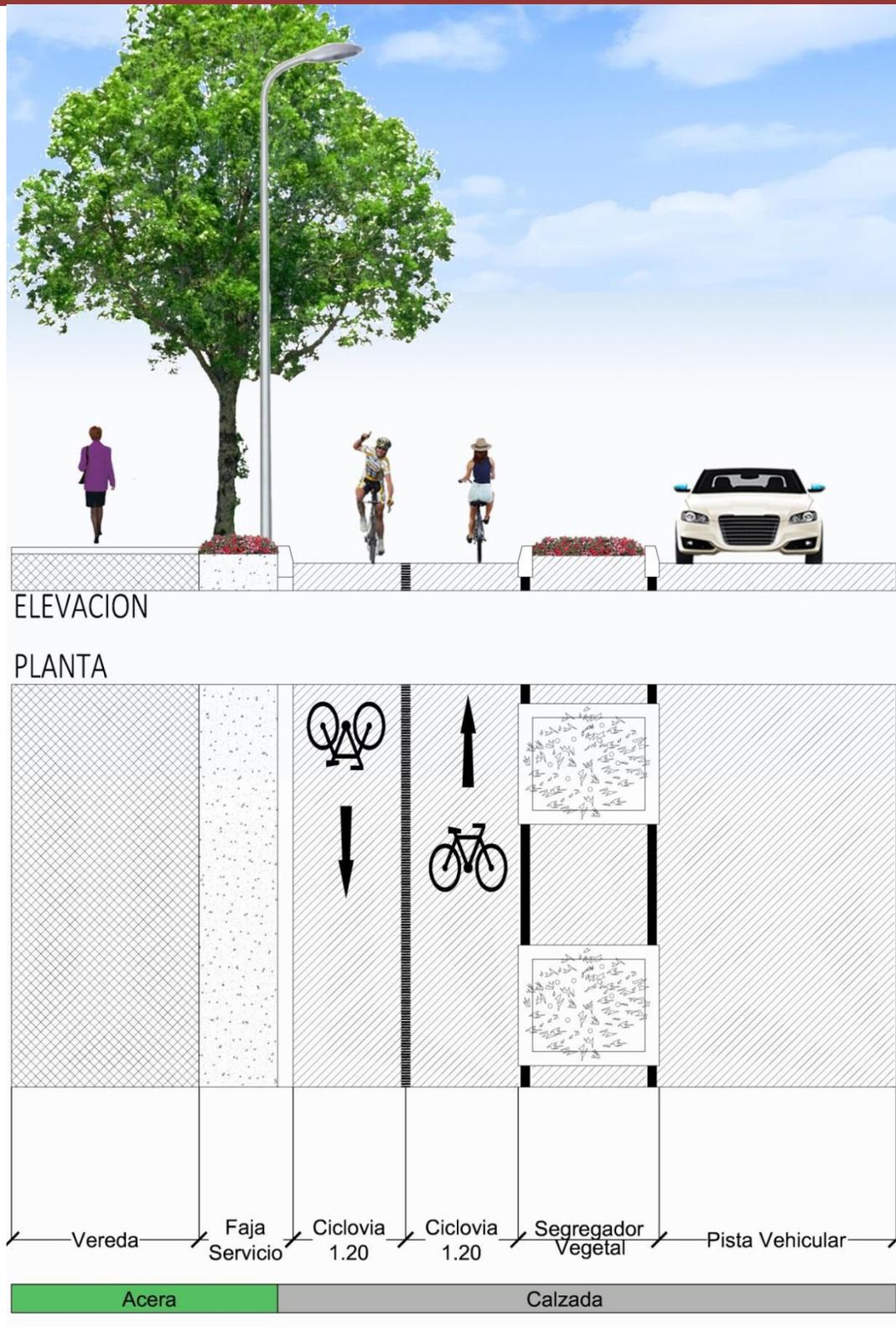
Las imágenes siguientes detallan algunos ejemplos de segregaciones. La implementación de una u otra dependerá de las condiciones existentes en terreno. Es importante aclarar que pueden existir diseños alternativos - distintos a los aquí mostrados - que cumplan con las especificaciones de materialidad y diseño descritas anteriormente



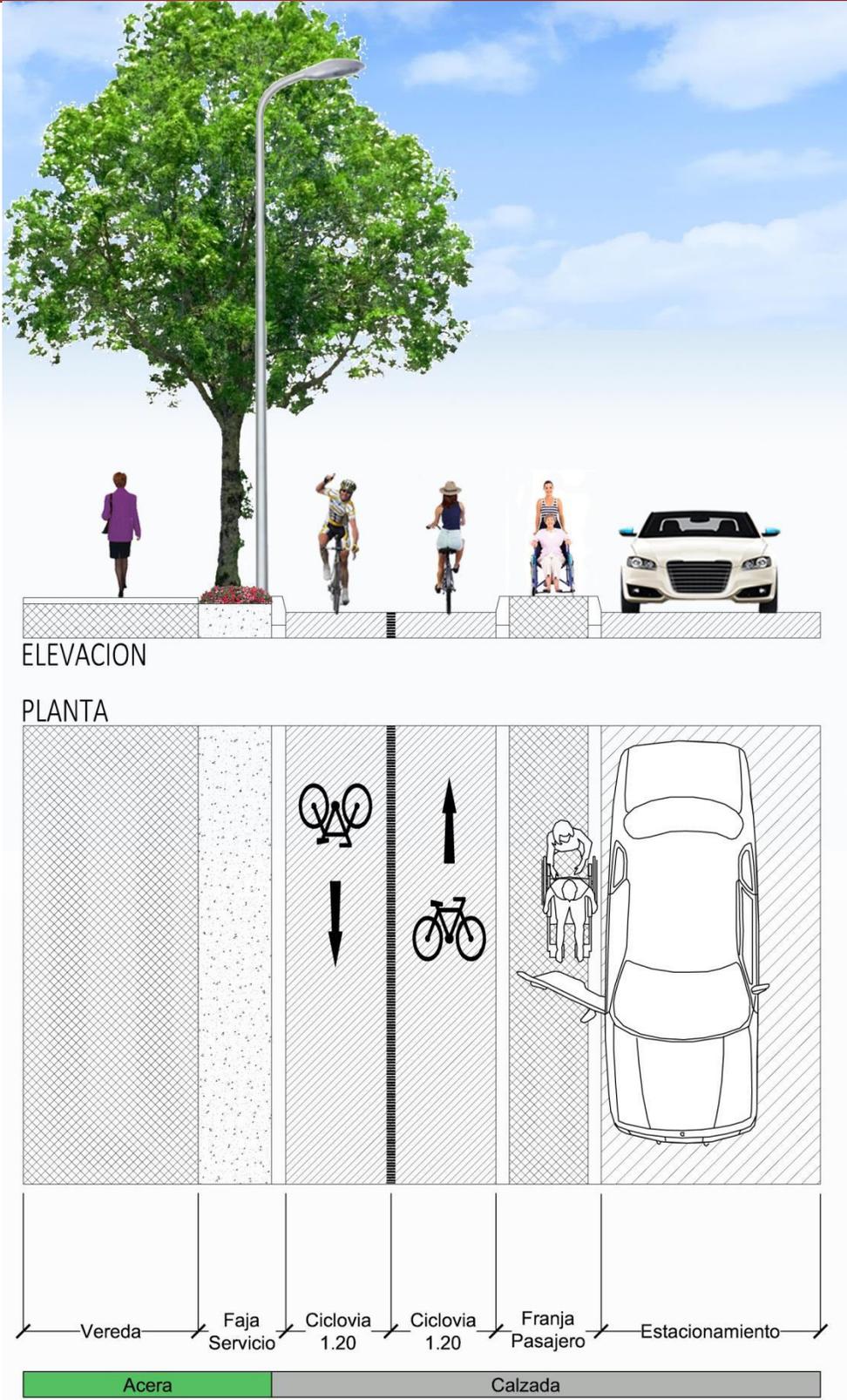
**Figura 4.13.4**  
Segregación Visual Tachones o Tachas



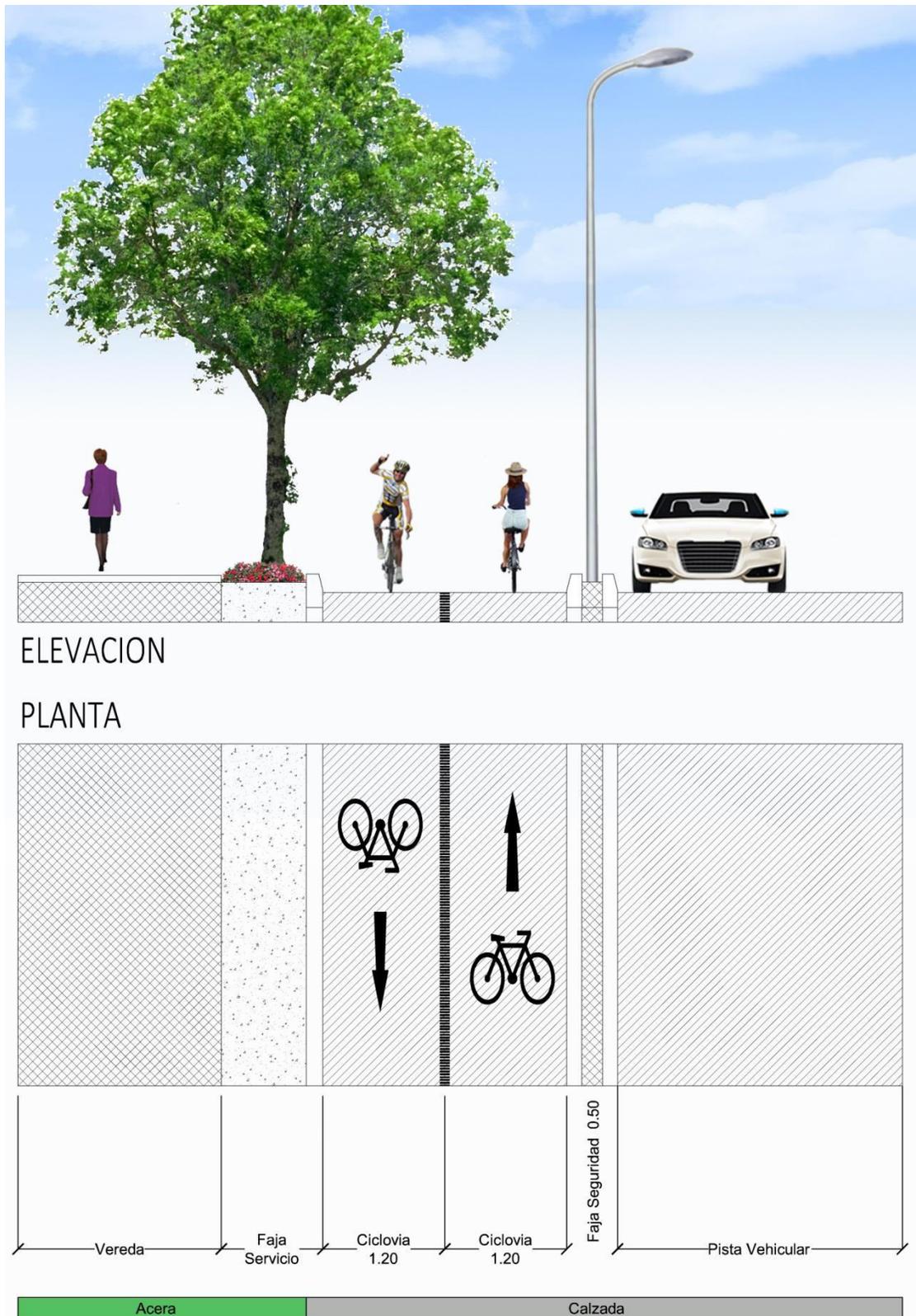
**Figura 4.13.5**  
Segregador Físico Discontinuo



**Figura 4.13.6**  
Segregador Físico Discontinuo



**Figura 4.13.7**  
Segregador Físico Continuo



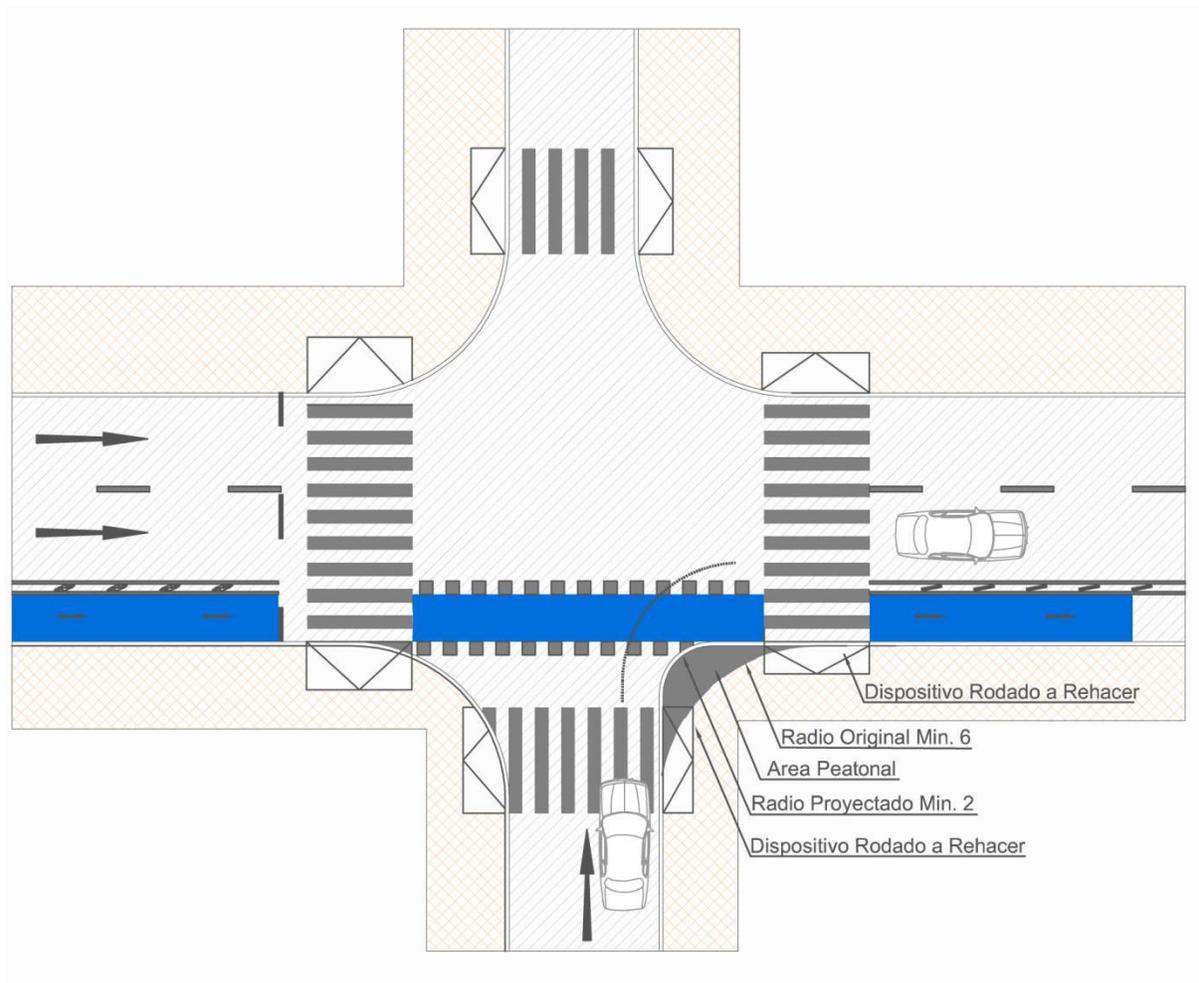
**Figura 4.13.8**  
Segregador Físico Continuo

#### 4.14 INTERSECCIONES

Las Intersecciones son la parte más compleja en el diseño de una ciclo vía, ya que en ella convergen los distintos usuarios de nuestra ciudad, siendo este punto donde se producen la mayor cantidad de accidentes. Por lo anterior, el diseño de estas áreas deberá ser estudiado caso a caso, minimizando los puntos de conflicto para lograr una lectura clara del funcionamiento del cruce cuyo principal objetivo sea la seguridad.

Para esto el Manual de Vialidad Ciclo-Inclusiva entrega una serie de estándares que deben considerarse al proyectar una intersección.

- En vías existentes, el radio de giro original debe desplazarse en forma paralela desde la acera a la calzada, hasta coincidir con el borde externo de la segregación (Figura 4.14.1). Esto permite dar mayor seguridad a quienes van en bicicleta, al obligar a los vehículos motorizados a girar desde el borde externo de la ciclo vía lo que, además, permite ganar espacio peatonal.



**Figura 4.14.1**

Intersecciones

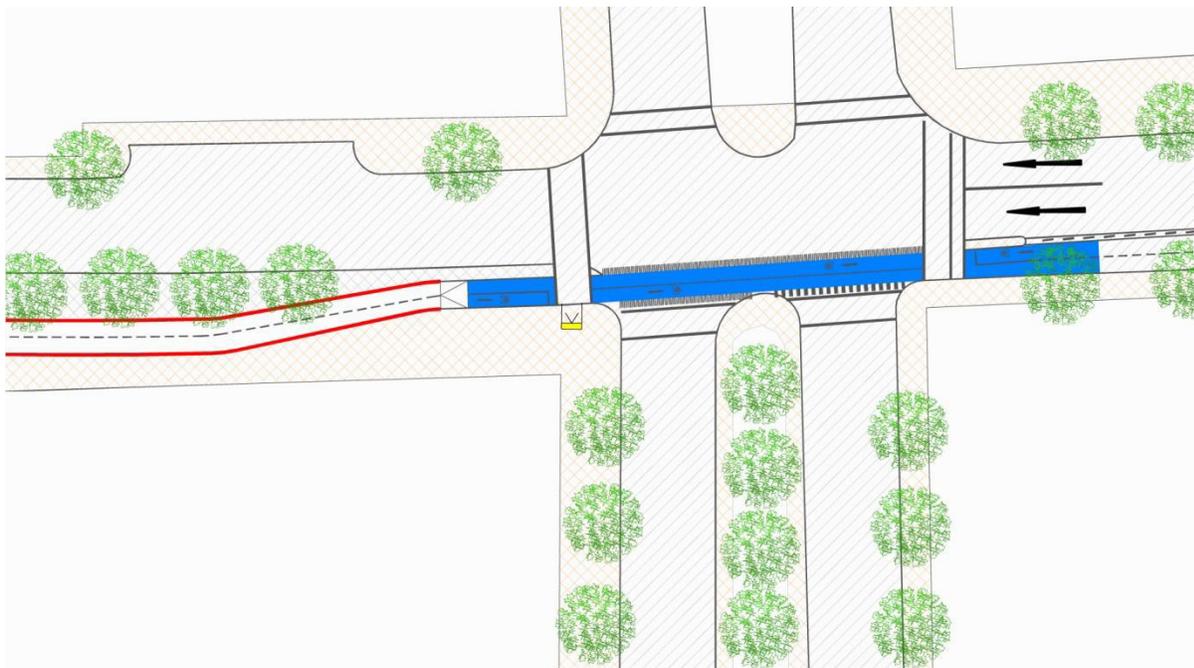
- En vías nuevas, el radio de giro deberá el menor posible (R 6.0 mt) para una velocidad de diseño de 30km/h según el tipo de vehículos considerados en el eje, esto para lograr que el viraje se realice

a baja velocidad. Al igual que el caso anterior deberá desplazarse en forma paralela desde la acera a la calzada, hasta coincidir con el borde externo de la segregación.

- Se recomienda la instalación de hitos verticales resistentes (según indicaciones del Manual de Señalización de Tránsito del Ministerio de Transportes, capítulo 7, acápite 7.3). Idealmente, deben estar montados sobre islas de hormigón que condicionen a los vehículos mayores a respetar el radio de viraje. Las líneas de detención ciclista deben ubicarse dentro de los radios de giro, como una medida de protección adicional.
- Es importante señalar que, para dar cumplimiento a lo establecido en el Artículo 2.2.8, al realizar un proyecto de ciclovia, se deberán rehacer todos los cruces peatonales existentes en las esquinas, asegurando que dichos cruces cumplan con lo establecido en el manual de diseño universal en el espacio público. El peatón siempre tendrá la prioridad de paso, por tanto deben protegerse sus espacios, por lo cual no se podrá diseñar áreas mixtas de circulación y obligatoriamente se deberán separar los flujos de ciclistas y peatones en el área propia del cruce.

El Manual de Vialidad Ciclo-Inclusiva reconoce que el diseñador enfrentará varios tipos de intersección de acuerdo a los diferentes perfiles viales. Considerando lo anterior, toda intersección ciclo-inclusiva deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser lo más rectas posible y a nivel de calzada. Para las antiguas ciclovías en acera, se debe bajar la ciclovia a nivel de calzada entre 15 y 20 mt antes del cruce (Figura 4.14.2).



**Figura 4.14.2**  
Intersecciones

- Separar flujos peatonales y ciclistas. No se aceptarán zonas mixtas de circulación. No puede resolverse una intersección de ciclovias sin considerar a peatones y otros vehículos.

- La ciclovia tendrá la misma prioridad de paso que la vía que la contiene.
- El cruce debe contar con pintura de color azul, sin intervenir el cruce peatonal.
- Considerar todos los modos de transporte en la siguiente jerarquía, peatones, vehículos a tracción humana, vehículos motorizados.
- Para cruces semaforizados se aconseja programar ciclos cortos, para así disminuir los tiempos de espera, reforzar rutas directas y evitar la acumulación excesiva de vehículos a tracción humana.
- En intersecciones con semáforo demandado debe considerarse incorporar en la ciclovia respectiva el sistema de demanda necesario (espira magnética u otro).
- Cuando un cruce semaforizado no presente las condiciones de seguridad necesarias para dar continuidad a una ciclovia, se deberá utilizar fases exclusivas para ciclistas. En este caso, la mejora se debe acompañar con lámparas que regulen su derecho a paso y lo diferencien del de otros vehículos.
- Cada intersección es un punto para entrar o salir de la ciclovia desde y hacia la vialidad. En toda intersección debe resolverse como se hacen estas dos maniobras.
- Cuando en una intersección se encuentren dos o más ciclovias de distinta dirección, debe resolverse como cambiar de una a otra.
- Si las intersecciones son muy anchas, se debe considerar la creación de islas de refugio del tamaño suficiente para que 4 bicicletas esperen.

#### 4.15 ILUMINACION

Al emplazar los proyectos de ciclovia en la calzada, se aprovechará la iluminación vial existente, para proporcionar un ambiente seguro, sin importar la hora de uso. Sin embargo, ésta podría no ser suficiente para generar dicha condición, en cuyo caso será necesario reforzarla o remodelarla. Para estos escenarios, se deberá considerar los siguientes parámetros de iluminación en una ciclovia.

**Tabla 4.15.1**

Iluminación ciclovia

(Fuente: Vialidad Cicloinclusiva: Recomendaciones de Diseño)

Característica	Nivel Deseado
Promedio de iluminancia	10 lux (mínimo)
Nivel mínimo de iluminancia	2 lux (mínimo)
Uniformidad horizontal	0,4 (mínimo)
Eficiencia de la instalación	1 W/mt <sup>2</sup> (máximo)
Índice de Reproducción de Color (IRC)	80% (mínimo)
Factor de mantenimiento	80% (mínimo)
Factor de utilización	0,3 (mínimo)
Temperatura de la Luz	3.000 °K (mínimo)

## 4.16 SINGULARIDADES

Se consideran dentro de las singularidades los siguientes elementos:

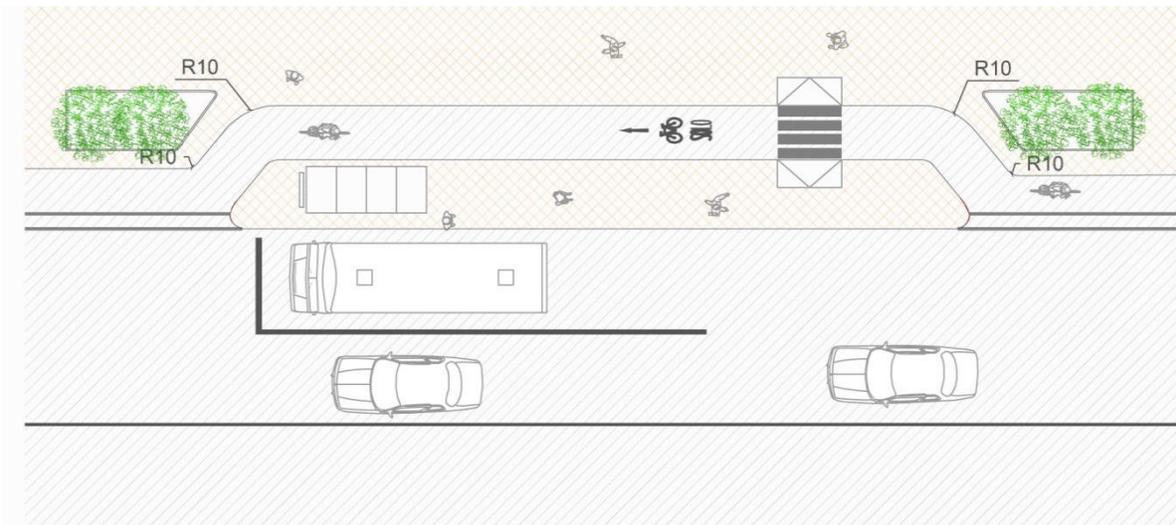
- Paraderos
- Cruces
- Estacionamientos vehiculares
- Aguas lluvias
- Medidas de tráfico calmado

### 4.16.1 PARADEROS

En una vía donde el ciclista transita por la derecha, se encontrará con áreas donde el transporte público realiza maniobras de ascenso y descenso de pasajeros. Por tanto la correcta convivencia entre paraderos de buses y ciclovia, es un punto que el diseñador deberá resolver, buscando minimizar los conflictos. La elección de una alternativa sobre otra deberá ser adaptada y evaluada caso a caso, teniendo presente distintos factores como son: espacio disponible en la acera, accesos vehiculares en el área de encuentro ciclovia-paradero, distancia de este punto a la esquina, etc.

#### a) ALTERNATIVA 1

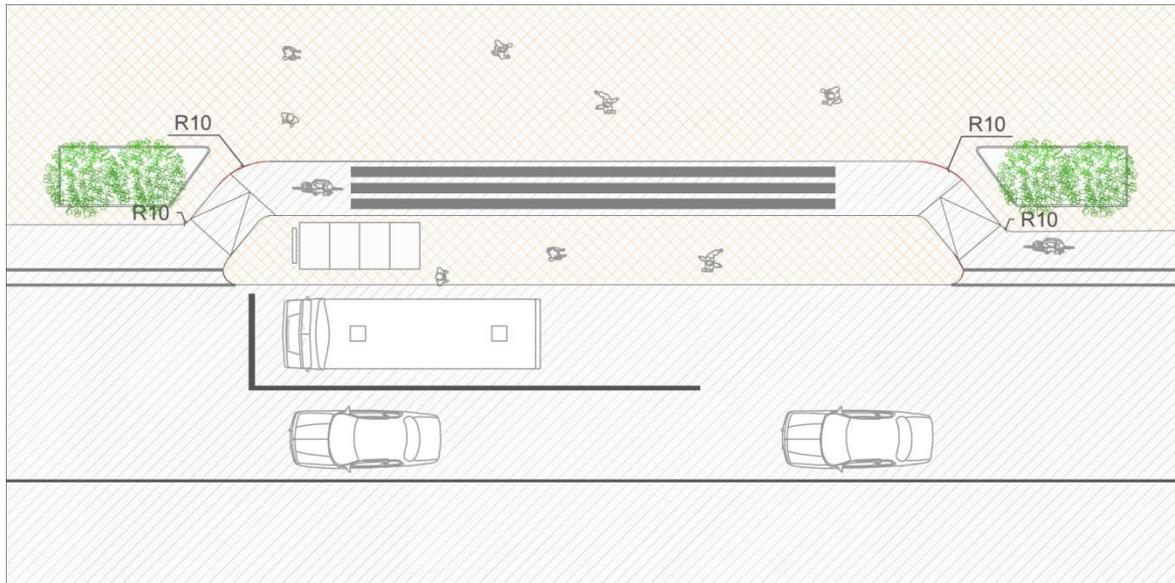
Corresponde al diseño de la ciclovia por detrás del paradero, manteniendo el nivel de calzada. Se deberá resolver correctamente el escurrimiento de aguas lluvias.



**Figura 4.16.1**  
Paraderos alternativa 1

## b) ALTERNATIVA 2

Corresponde al diseño de la ciclovia por detrás del paradero, manteniendo el nivel de acera.

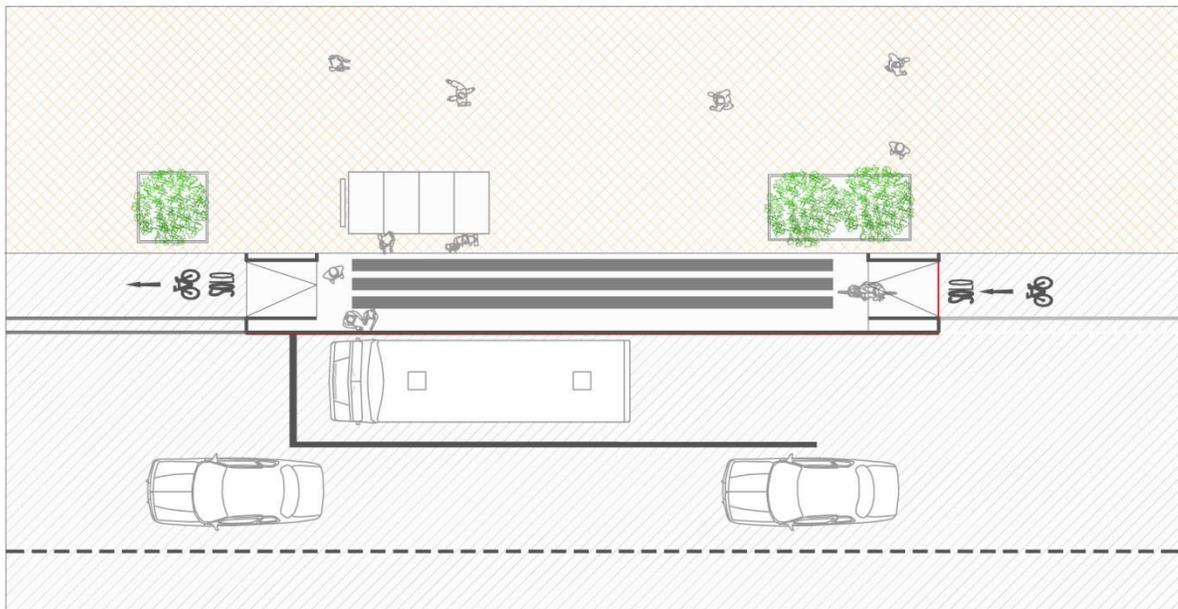


**Figura 4.16.2**  
Paraderos alternativa 2

En los dos casos anteriores, el espacio entre la ciclovia y el paradero se invierte, vale decir, el paradero se adelanta y ocupa el lugar de la ciclovia, por lo que la bicicleta debe esquivarlo pasando por atrás. Esta solución, no necesita espacio adicional y es independiente del nivel que adopte la ciclovia (acera o calzada), además permite el normal funcionamiento de las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros sin interferir en tránsito por la ciclovia. Sin embargo, este diseño solo es posible si el espacio de la acera es suficientemente ancho para permitir este enrosque de función sin interferir la vereda. Se deberá resolver correctamente el escurrimiento de aguas lluvias.

**c) ALTERNATIVA 3**

Corresponde al diseño de la ciclovía por delante del paradero, sobre una plataforma, manteniendo el nivel de acera. En este caso, se eleva la ciclovía al nivel de acera, por medio de una plataforma, que actúa como espacio mixto (peatón –Ciclovía). Se deberá resolver correctamente el escurrimiento de aguas lluvias.



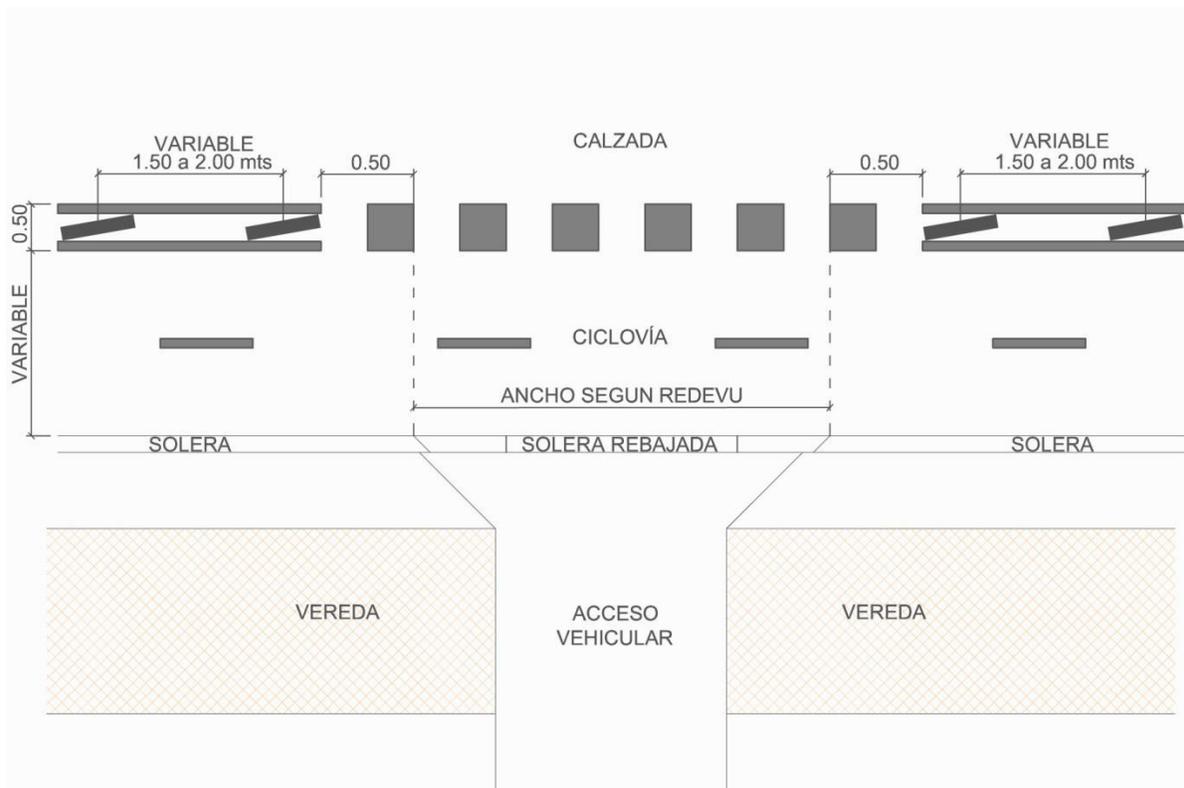
**Figura 4.16.3**  
Paraderos alternativa 3

4.16.2 CRUCES

a) Cruces Acceso Vehicular – Ciclovía

Corresponde al encuentro entre ciclovía y accesos vehiculares a propiedades privadas, en estos casos, la ciclovía mantendrá su materialidad por sobre la materialidad de los accesos vehiculares.

Es importante destacar que en estos puntos deberá discontinuarse los segregadores siendo reemplazados por demarcación (Figura 4.14.2.1).

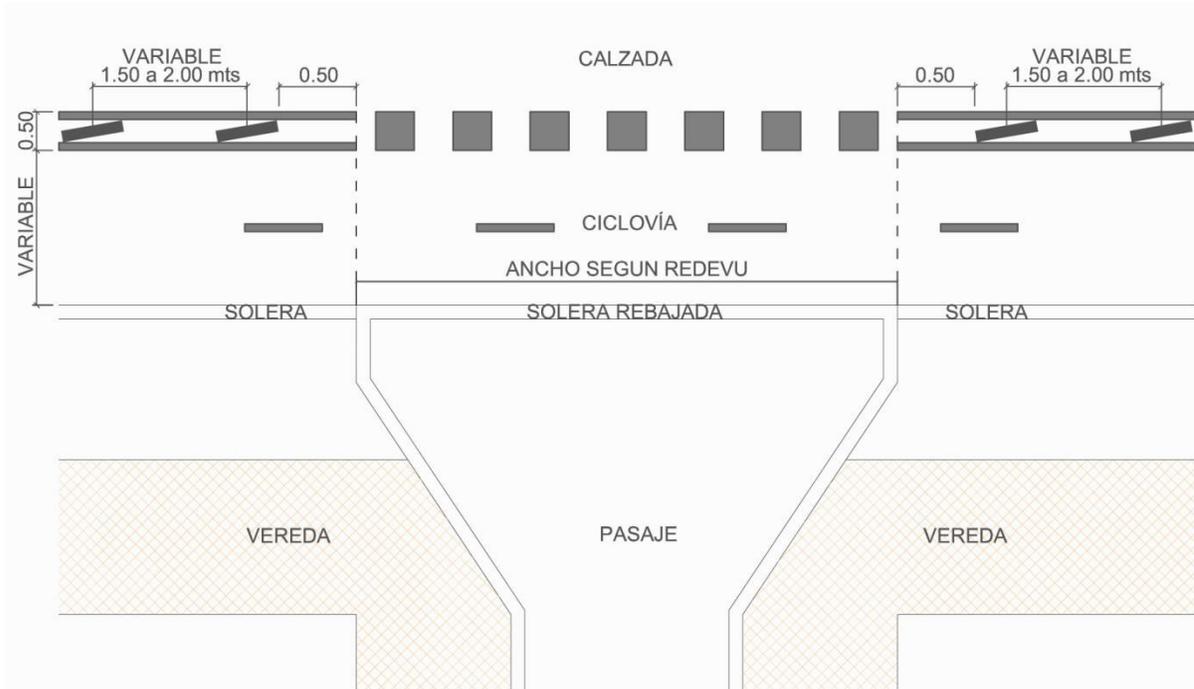


**Figura 4.16.2.1**

Detalle Acceso vehicular – ciclovía

**b) Cruces Pasaje – Ciclovia**

Corresponde al encuentro entre ciclovia y el ingreso a pasajes. Es importante destacar que en estos puntos deberá discontinuarse los segregadores siendo reemplazados por demarcación (Figura 4.14.22.2).

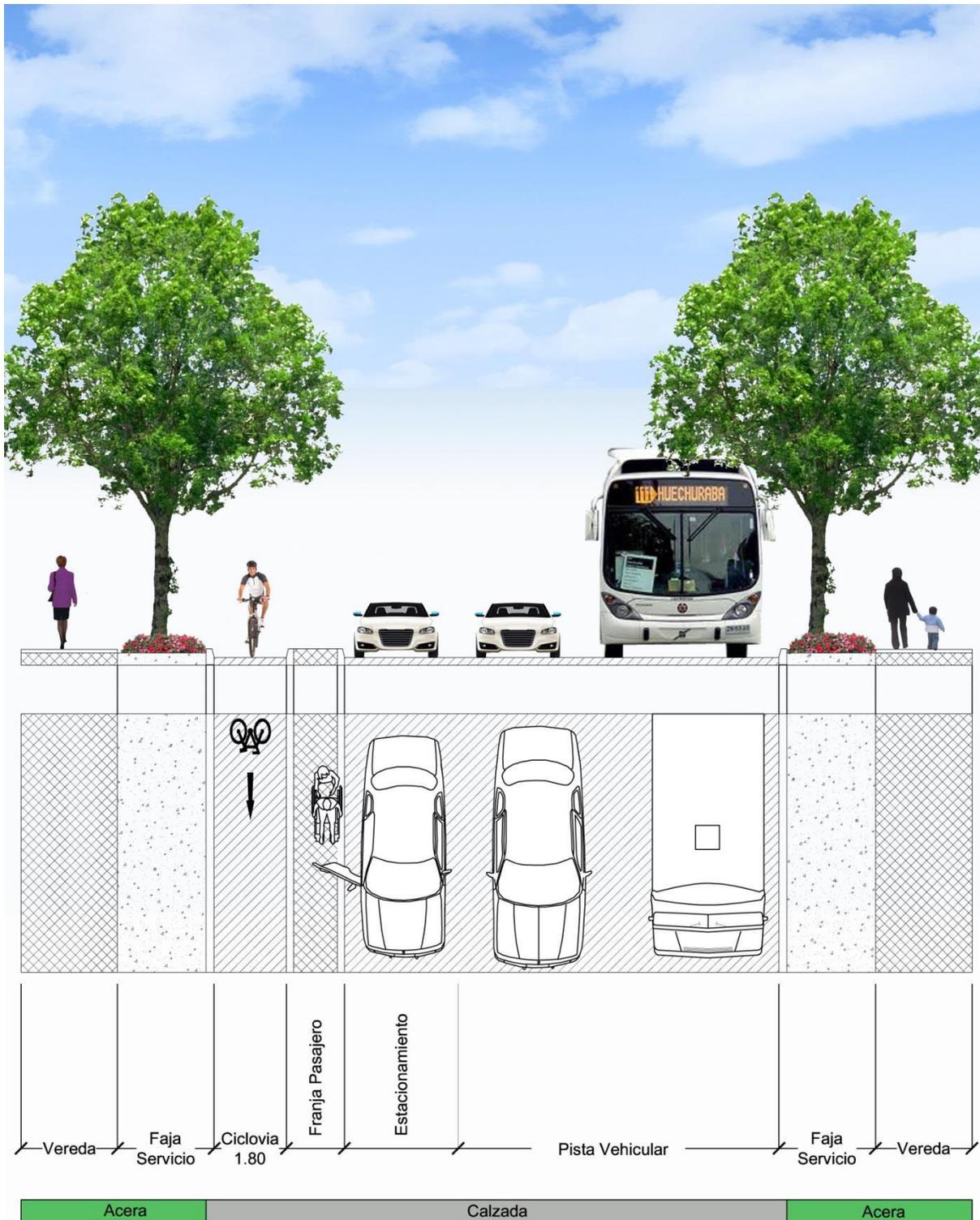


**Figura 4.16.2.2**  
Cruces pasaje – ciclovia

**4.16.3 ESTACIONAMIENTOS**

**a) Estacionamientos Vehiculares en Calzada**

El desarrollo de ciclovías paralelas a bandas de estacionamientos, obliga al diseñador a considerar un área de circulación peatonal, que permitirá la descarga de pasajeros, sin interferir el normal funcionamiento de la ciclovia, dicha área no podrá tener un ancho menor a 90 cm.



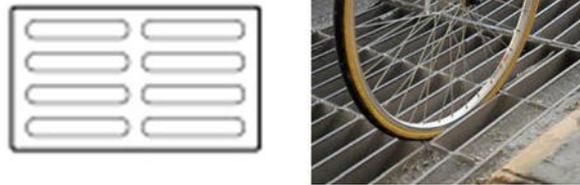
**Figura 4.16.3.1**  
Estacionamientos vehiculares en calzada

#### 4.16.4 AGUAS LLUVIAS

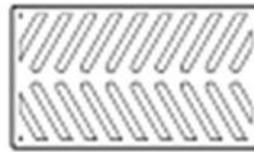
##### a) Sumideros

El diseño de una ciclovíá por calzada, debe considerar el reemplazo de todas las tapas de sumideros con aberturas en el sentido de marcha de la ciclovíá por tapas con aberturas transversales al desarrollo de la misma, esto para evitar que la rueda pudiera quedar atrapada en la abertura, generando un accidente al ciclista.

Sumidero usado actualmente



Sumidero propuesto



**Figura 4.16.4.1**

Ciclovíá – Sumideros

##### b) Tapas de Cámaras

El diseño deberá contemplar la nivelación o reposición de tapas de cámaras existentes en el trazado de la ciclovíá, según lo especificado en el capítulo de aguas lluvias del presente Manual, esto para evitar accidentes que puedan producirse al encontrarse el ciclista con un punto bajo dentro de su recorrido.

#### 4.16.5 MEDIDAS DE TRAFICO CALMADO

Dentro de la ciudad, se han implementado una serie de estrategias llamadas medidas de tráfico calmado, como son lomos de toro, aceras continuas, cruces peatonales elevados, etc. que buscan reducir las velocidades del flujo para llegar a una velocidad más amigable con el entorno y que proteja a los usuarios más vulnerables. El detalle para la implementación de estas medidas, está disponible en la publicación “Medidas de Tráfico Calmado. Guía Práctica” de 2010, de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET, 2010) El diseño de las ciclovías, deberán respetar su funcionamiento, considerando para esto las siguientes medidas.

### **a) Resaltos (redondeados y planos)**

Para los lomos de toro, se deberá evaluar en terreno, si éste podrá incorporarse dentro del trazado de la ciclovía como un elemento de tráfico calmado propio de ella o deberá ser cortado permitiendo el paso limpio de la ciclovía. De ser así, deberá asegurarse que ningún vehículo pueda evadir el lomo de toro, pasando por la ciclovía.

### **b) Cruces Peatonales y Aceras Continuas**

En los cruces, el peatón siempre tendrá prioridad de paso, para asegurar, por sobre todo, la movilidad del usuario más débil dentro de la ciudad. Por tanto, la ciclovía deberá respetar los cruces peatonales y aceras continuas, existentes en la vialidad. En estos casos la demarcación azul existente en los cruces será discontinuada, favoreciendo la lectura de unidad del paso peatonal.

<b>5</b>	<b>DISEÑO ELEMENTOS URBANOS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS</b>	<b>3</b>
<b>5.1</b>	<b>ALCANCES</b>	<b>3</b>
5.1.1	USO DE ESTE CAPÍTULO	3
<b>5.2</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>3</b>
<b>5.3</b>	<b>PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS LLUVIAS Y SU CORRECTO MANEJO</b>	<b>5</b>
5.3.1	EXTERNALIDADES NEGATIVAS DEL DESARROLLO URBANO	5
5.3.2	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	5
5.3.3	DESTINO DE LAS AGUAS	6
5.3.4	DIRECTRICES GENERALES PARA UNA CORRECTA SOLUCIÓN	6
5.3.4.1	Disminuir la Escorrentía	7
5.3.4.2	Favorecer la Retención	7
5.3.4.3	Usar y Mantener la Red Natural de Drenaje	7
5.3.4.4	Colectores Subterráneos	8
<b>5.4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE DISEÑO</b>	<b>8</b>
5.4.1	PROPIEDADES DE LAS TORMENTAS	8
5.4.2	RELACIONES INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA	9
5.4.3	TORMENTAS DE DISEÑO	11
5.4.4	PROPIEDADES DE LAS CUENCAS	13
5.4.4.1	Tiempo de Concentración	13
5.4.4.2	Abstracción y Lluvia Efectiva	16
5.4.4.3	Coefficiente de Escorrentía	17
5.4.4.4	Propiedades de los suelos	20
5.4.5	MÉTODOS	20
5.4.5.1	Método Racional	20
5.4.5.2	Método Racional Modificado	21
5.4.5.3	Método del Soil Conservation Service (SCS)	24
5.4.5.4	Método Modelo SWMM	26
<b>5.5</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS</b>	<b>27</b>
5.5.1	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	27
5.5.2	OBRAS COMPLEMENTARIAS	28
5.5.2.1	Desconexión de áreas impermeables	28
5.5.2.2	Obras de infiltración	29
5.5.2.3	Obras de almacenamiento	31

5.5.3	TRANSPORTE EN CALLES	32
5.5.3.1	Escurrimiento en vías públicas	32
5.5.3.2	Perfiles transversales de calles y cunetas	33
5.5.3.3	Capacidad hidráulica de calles	36
5.5.3.4	Capacidad de diseño para tormentas menores	36
5.5.3.5	Capacidad máxima	39
5.5.4	SUMIDEROS	41
5.5.4.1	Tipos de sumidero	42
5.5.4.2	Capacidad máxima de sumideros	43
5.5.4.3	Capacidad de diseño de sumideros	44
5.5.4.4	Ubicación de sumideros	46
5.5.4.5	Intersección de calles	47
5.5.4.6	Cruce Peatonal	49
5.5.4.7	Ciclovías	49
5.5.5	COLECTORES	50
5.5.5.1	Colectores subterráneos	50
5.5.5.2	Colectores superficiales	59
5.5.6	PLANTAS ELEVADORAS	62
<b>5.6</b>	<b>TIPOS DE PROYECTOS Y SUS REQUERIMIENTOS</b>	<b>63</b>
5.6.1	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LOS PROYECTOS	63
5.6.1.1	Memoria Técnica de Aguas Lluvias	63
5.6.1.2	Especificaciones Técnicas de Aguas Lluvias	64
5.6.1.3	Presupuesto, Itemizado	64
5.6.1.4	Planos	65

## 5 DISEÑO ELEMENTOS URBANOS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS

El ciclo del agua (evaporación, precipitación, infiltración, escurrimiento) es un proceso natural con la que toda obra de edificación y/o urbanización debe convivir e incluso aprovechar. Las aguas lluvias asociadas a un proyecto o a un sector, no son en sí mismas un problema, sino que es el mal manejo de éstas lo que puede constituir un problema. Este capítulo abordará diversos temas relacionados con la legalidad, el diseño y políticas de diseño, con el fin último de llevar a la práctica el buen manejo de las aguas lluvias en zonas urbanas. De esta forma, poder representar a través de obras hidráulicas, en el mejor de los casos el equilibrio y armonía que ya existen en la naturaleza.

### 5.1 ALCANCES

Los proyectos de urbanización deben considerar la solución de los problemas que puedan producir las aguas lluvias en la zona a urbanizar, utilizando para ello las obras y elementos técnicos necesarios. Debido a que en las zonas urbanas la solución de este tipo de problemas involucra la participación de varios actores, esta normativa tiene por fin velar porque las soluciones sean coherentes con el entorno, se adecuen a soluciones más generales y eviten conflictos de intereses con terceros. La aplicación de esta norma tiene los siguientes objetivos generales:

- Mantener vigentes en el mediano y largo plazo las soluciones estructurales de drenaje de aguas lluvias y el Plan Maestro elaborado para sectores ya urbanizados.
- Solucionar los problemas generados por las aguas lluvias en los lugares en que éstos se originan, sin traspasarlos hacia aguas arriba o aguas abajo, evitando que se afecte o traspase el problema a terceros.
- Lograr soluciones eficaces con costos razonables de inversión, operación y mantención.
- Incorporar las soluciones de los problemas de aguas lluvias de manera armónica con el proceso de urbanización.

#### 5.1.1 Uso de este capítulo

Todas las definiciones expuestas en este capítulo se aplican a los proyectos de redes secundarias de aguas lluvias desarrollados en cumplimiento de las disposiciones de la Ley 19.525, y es aplicable a sectores urbanos de la Región Metropolitana.

La red secundaria de aguas lluvias está formada por un conjunto de elementos que captan, retienen y conducen las aguas lluvias en la parte inicial de las redes de drenaje urbano, hasta entregarlas a un sistema de recepción adecuado hacia aguas abajo. Este sistema de drenaje se considera red secundaria hasta que pasa a formar parte de la red primaria definida en el Plan Maestro.

### 5.2 MARCO LEGAL

En lo relacionado a las aguas lluvias y su manejo técnico, participan diversos sectores e instituciones. A continuación, una breve reseña de cada una de esas instituciones y su participación y relevancia:

- **MINVU, Ministerio de Vivienda y Urbanización y SERVIU, Servicio de Vivienda y Urbanismo:** La Ley 19.525 dispone que el MINVU se encargará de la planificación, estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red secundaria del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias, actuando a través de los Serviu en las labores de construcción y mantención.
- **DOH, Dirección de Obras Hidráulicas:** La Ley 19.525 dispuso que la planificación, estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias corresponde al MOP, a través de la DOH.
- **DGA, Dirección General de Aguas:** El Código de Aguas le confiere, en gran medida, las atribuciones de normar, controlar y fiscalizar los derechos de aprovechamiento de aguas, la construcción de obras de riego, drenaje y el control de cauces y riberas.
- **Municipalidades, DOM:** En relación con los proyectos de aguas lluvias en particular, les corresponde fiscalizar el cumplimiento de las regulaciones contenidas en la LGUC y OGUC aplicables, tanto a la red domiciliaria, como a la red secundaria.
- **Empresas Sanitarias:** El manejo de las aguas lluvias, por regla general, no entrarían en su ámbito de funciones, salvo en zonas dotadas de redes unitarias, que evacúan simultáneamente aguas servidas y aguas lluvias.

Es importante que el proyectista considere las recomendaciones de otros instructivos de diseño y ordenamiento territorial, tales como:

- Ley 19.525 de Aguas Lluvias
- Guía de Diseño de Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos del MINVU.
- Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago
- Manual de Drenaje Urbano, DOH.
- Código de Agua.
- Plan Regulador Metropolitano de Santiago.
- Planes Reguladores Comunales Seccionales
- Ordenanzas Municipales
- Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones
- Manual de Vialidad Urbana
- Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación y similares.

## 5.3 PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS LLUVIAS Y SU CORRECTO MANEJO

### 5.3.1 Externalidades Negativas del Desarrollo Urbano

La urbanización produce una alteración importante del uso del suelo. Algunos de estos cambios son la aparición de nuevas superficies como techos y pavimentos, además de innumerables cauces artificiales como calles y cunetas. Asociado al desarrollo, se incrementa además una serie de actividades como el tráfico vehicular, el comercio y los procesos industriales.

Este nuevo uso del suelo produce un cambio significativo en las condiciones naturales, y en particular en el ciclo del agua y las características hidrológicas y ambientales. Algunos de éstos son la disminución de la infiltración, la disminución de la capacidad de retención, la creación de nuevos cauces de escurrimiento y la aparición de nuevos contaminantes depositados sobre las superficies urbanas asociados a la actividad humana y disponibles para ser arrastrados por el agua.

Los cambios en el comportamiento de las aguas lluvias urbanas que producen las nuevas urbanizaciones generan externalidades negativas hacia aguas abajo. Estas externalidades generalmente no están consideradas en el diseño y la operación del sistema de drenaje de la cuenca inferior, y por lo tanto se ponen en evidencia cada vez que ocurren precipitaciones de cierta magnitud. Entre las externalidades negativas más recurrentes en las ciudades se encuentran:

- Aumento en la frecuencia e intensidad de las inundaciones.
- Mayores aportes de agua sobre urbanizaciones ya consolidadas.
- Obsolescencia del sistema de drenaje de aguas abajo a medida que se desarrolla la zona superior.
- Deterioro de los cauces receptores con erosión y sedimentación excesiva.
- Aumento de la carga contaminante en los sistemas naturales de drenaje.

Todos estos efectos si no son abordados convenientemente en la misma urbanización que los genera producirán problemas hacia aguas abajo.

### 5.3.2 Criterios Generales de Diseño

El proyectista debe considerar algunos criterios básicos que orientan las soluciones de drenaje de aguas lluvias de la zona a urbanizar. En la Región Metropolitana los proyectos deben satisfacer al menos los siguientes:

- Respetar el sistema general de drenaje y la capacidad de los colectores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias.
- Evitar la inundación de calles y bienes para períodos de retorno preestablecidos en las condiciones de diseño.
- Evitar que para condiciones de lluvias importantes se genere riesgo para las personas o se produzcan daños a terceros, a la propiedad pública o privada, o pérdidas de bienes.
- Si se trata de una urbanización nueva de terrenos que no estaban urbanizados, la urbanización no debe generar mayores caudales máximos que los que se producían antes de urbanizar para las lluvias de diseño.

- El criterio anterior también podrá aplicarse a proyectos de remodelación de zonas urbanas extensas, o grandes proyectos industriales, comerciales o institucionales en zonas ya urbanizadas.
- Respetar el sistema de drenaje natural de la zona, el trazado de las quebradas y cauces naturales que existan. En lo posible incorporarlo a las áreas verdes para ser utilizado como drenaje del lugar, minimizando los impactos de la urbanización sobre el sistema natural de la cuenca hacia aguas abajo.
- Abordar la solución de los problemas de calidad de las aguas lluvias generadas en la urbanización mediante la captación y tratamiento en el lugar de una proporción importante del volumen de escorrentía anual.

### 5.3.3 Destino de las Aguas

En el proyecto de un sistema de recolección de aguas lluvias urbanas en la Región Metropolitana debe quedar claramente establecido el destino final de las aguas recolectadas por la red. Se consideran aceptables las siguientes opciones:

- Para una red de colectores secundarios debe ser la red de colectores primarios definida en el Plan Maestro de aguas lluvias de la zona, o bien un colector secundario diseñado específicamente para recibir dicho aporte.
- No se permitirá el empleo de canales de riego como receptores de aguas lluvias de la red secundaria, a menos que expresamente estén considerados de esta forma en el Plan Maestro de aguas lluvias.
- Para descargas en sectores en los cuales no se haya habilitado un colector primario o secundario destinado a recibir dichos aportes, se procederá a desarrollar el proyecto suponiendo conexión futura (disposición de red de colectores secundarios), y a la espera de la conexión se implementará un sistema alternativo adecuado de infiltración.

### 5.3.4 Directrices Generales para una Correcta Solución

Al plantear las alternativas de solución a los problemas de aguas lluvias en la urbanización debe tenerse en cuenta los criterios generales de diseño propuestos en esta norma, tener especial atención con el destino que se le dará a los excesos de las aguas generadas y considerar las opciones técnicas de solución disponibles.

La selección de alternativas técnicas de solución debe ser el resultado de un trabajo conjunto entre el urbanizador, el proyectista del sistema de drenaje y los funcionarios locales responsables del sistema público (Municipalidades y SERVIU). Las soluciones de los problemas de aguas lluvias pueden facilitarse si al inicio del proyecto se planifica la red secundaria coordinadamente con otros elementos de la urbanización.

Para seleccionar las mejores alternativas técnicas en cada proyecto se recomienda un proceso por etapas, que aborde los siguientes aspectos:

#### 5.3.4.1 Disminuir la Escorrentía

El urbanizador debe planificar la urbanización de manera de minimizar la generación de escurrimiento de aguas lluvias, tener menores caudales máximos y menos volumen escurrido, lo que conduce a menos problemas de contaminación y menores costos de las obras de drenaje. Para ello se propone:

- Reducir las áreas impermeables. Disponer las calles y vías de tránsito de la menor superficie aceptable mediante un diseño creativo de la urbanización. Utilizar al máximo y donde sea posible, pavimentos permeables en veredas, estacionamientos, pasajes y sectores de poco tránsito.
- Drenar las áreas impermeables, techos y pavimentos, hacia zonas de pasto y vegetación en las cuales se favorezca la infiltración y la retención, evitando el desagüe rápido. Favorecer de esta forma la desconexión de las áreas impermeables, intercalando entre ellas elementos permeables.
- Favorecer el drenaje de techos y superficies impermeables de viviendas y recintos privados hacia elementos propios como pozos y zanjas de infiltración, jardines drenantes y similares, promoviendo la solución al interior de los recintos y evitando que agreguen caudal hacia aguas abajo al sistema público.
- En las zonas iniciales de la red de drenaje en vez de cunetas y conductos de rápido drenaje, utilizar zanjas con vegetación, así como depresiones en áreas verdes para favorecer la detención y la infiltración.

#### 5.3.4.2 Favorecer la Retención

Buscar formas para proveer lugares de retención de las aguas lluvias antes que los excesos sean conducidos a la red de drenaje. Tratar de captar parte de cada lluvia, preferentemente la inicial, para favorecer el tratamiento de estas en el lugar mediante su retención, sedimentación y/o infiltración.

- Áreas verdes. Para ello disponer las áreas verdes del lugar en las zonas de aguas abajo, evitando las áreas verdes elevadas, y organizándolas de manera que puedan contribuir al drenaje, agrupándolas en áreas aprovechables e intercalándolas entre áreas impermeables, de manera que reciban las aguas lluvias por gravedad y entreguen los excesos, también gravitacionalmente hacia aguas abajo, pero sólo una vez que haya tenido la oportunidad de almacenarse e infiltrarse.
- Obras de almacenamiento. Proveer espacio adecuado para ubicar obras alternativas, como pavimentos porosos con detención, depresiones de las áreas verdes, estanques de retención, lagunas y otras obras de técnicas alternativas especialmente diseñadas para la urbanización.

#### 5.3.4.3 Usar y Mantener la Red Natural de Drenaje

Disponer la red de drenaje de manera de aprovechar al máximo el sistema natural, incluidas pequeñas hondonadas de uso eventual, unificando las áreas verdes y no usando las zonas bajas para otros usos urbanos, evitando la ubicación de viviendas, calles y similares en terrenos que puedan inundarse. Promover el uso de colectores abiertos o cauces naturales.

- Colectores superficiales. Aprovechar al máximo la posibilidad de usar colectores abiertos que funcionen como canales urbanos, protegidos de la erosión y con un diseño adecuado a las condiciones urbanas.
- Cauces naturales. Estabilizar y proteger contra la erosión los cauces naturales y pequeñas quebradas incorporándolas a las áreas verdes del lugar.

#### 5.3.4.4 Colectores Subterráneos

Disponer de colectores subterráneos para conducir gravitacionalmente todo el escurrimiento que exceda la capacidad de las obras mencionadas en las tres etapas previas para las condiciones de diseño. Para esto las aguas lluvias pueden conducirse inicialmente por las cunetas y ser captadas mediante una cantidad suficiente de sumideros correctamente ubicados, hasta su descarga en la red principal.

### 5.4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE DISEÑO

#### 5.4.1 Propiedades de las tormentas

Una tormenta es un periodo de tiempo continuo con precipitación producido por una situación meteorológica favorable, que se puede representar por un conjunto de intervalos de lluvia. Las características principales de este episodio, o evento de precipitación, desde la perspectiva de usar la información para diseñar sistemas de drenaje urbano, son su duración, magnitud total, variación de la intensidad en el tiempo y variación de la lluvia en el espacio.

##### Duración

Una de las principales y más evidentes propiedades de las tormentas es la duración, entendiéndola por ella al total de intervalos de lluvia. La importancia de la duración de la lluvia es evidente ya que la intensidad media de la tormenta decrece con la duración y el área aportante de la cuenca crece al aumentar la duración de la tormenta. Normalmente se mide en horas o minutos.

##### Magnitud

Corresponde al total de agua caída durante el temporal, o el volumen de precipitación acumulado al final de la tormenta. Medida en un pluviómetro corresponde a un valor puntual, pero sobre un área más extensa la magnitud de la tormenta se ve enormemente influenciado por la variación temporal y espacial que presenta la intensidad de la lluvia. Se mide en mm.

##### Intensidad

La magnitud dividida por la duración corresponde a la intensidad media de la tormenta, medida en mm/hora. Es difícil definir lo que se entiende por intensidad representativa, ya que se puede hablar de intensidades máximas, medias, u otros valores que la representen.

##### Hietograma

La distribución en el tiempo de la lluvia total caída durante un temporal es, sin lugar a dudas, un factor primordial en la determinación del escurrimiento de respuesta de la cuenca y, en

consecuencia, debe ser considerado al caracterizar una tormenta. Un gráfico, o una tabla de datos que muestre la precipitación o la intensidad de la lluvia en cada intervalo en función del tiempo, se conoce como hietograma.

### **Variación Espacial**

A nivel urbano, para cuencas pequeñas de áreas menores a una centena de hectáreas, se puede considerar una distribución espacial uniforme de la precipitación. Esto no elimina la necesidad de tener que estimar los valores de la precipitación en esa zona. Para el caso de cuencas de mayor tamaño es necesario establecer una distribución espacial en base a algún modelo.

### **Probabilidad de ocurrencia**

La probabilidad de ocurrencia de una determinada tormenta está relacionada con la frecuencia con que se observa que ha ocurrido en un registro dado. Pero debido a que una tormenta presenta diferentes características, se trata de estimar la probabilidad de un fenómeno multivariado.

## **5.4.2 Relaciones intensidad, duración y frecuencia**

Una manera de resumir y caracterizar el comportamiento de las precipitaciones es mediante las relaciones entre sus propiedades, en particular entre Duración, Intensidad y Frecuencia. Estas relaciones además son muy útiles para ser usadas en el diseño hidráulico de las obras de drenaje urbano. Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia y son útiles para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente de cuencas pequeñas esencialmente impermeables, en función de la lluvia caída. Estas curvas tienen usualmente una forma de tipo exponencial, donde la intensidad, para una misma frecuencia, disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Es corriente incorporar en el mismo gráfico las curvas asociadas a diferentes frecuencias, en forma paramétrica, para obtener la familia de curvas de un lugar en un mismo gráfico.

En la Región Metropolitana se han efectuado varios estudios que permiten tener una buena estimación de estas relaciones. Para el diseño de la red secundaria se recomienda adoptar los valores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago y la información sobre series anuales de precipitaciones máximas diarias de la DGA.

### **Elaboración de Curvas IDF de lluvias entre 1 y 24 horas con coeficientes de duración y frecuencia**

La precipitación total de una lluvia de periodo de retorno  $T$ , en años, y duración total  $D$ , en horas o minutos, se estima como:

$$P_D^T = C \cdot CF^T \cdot CD_D \cdot PD^{10}$$

#### **Ecuación 5.4.1**

*Precipitación total*

$C$  Es un coeficiente que transforma las precipitaciones diarias en máximas en 24 horas y que adopta un valor igual a 1,0 según el Plan Maestro de Santiago.

$CF^T$  Es el coeficiente de frecuencia, que para la Región Metropolitana adopta los valores de la Tabla 5.4-1.

$CD_D$  Es un coeficiente de duración cuyos valores para la Región Metropolitana dependen además del periodo de retorno para lluvias entre 1 hora y 24 horas, según Tabla 5.4-2.

$PD^{10}$  Es la precipitación diaria (en milímetros) de 10 años de periodo de retorno, que se utiliza como referencia. Este valor depende del lugar y se obtiene de mapas de isoyetas diarias en la Región Metropolitana publicadas por la DGA y cuyo mapa se reproduce en la Figura 5.4-1.

**Tabla 5.4-1**

Coeficiente de Frecuencia

Periodo de retorno (años)	2	5	10	20	50	100	200
$CF^T$	0,64	0,86	1,00	1,14	1,32	1,45	1,59

**Tabla 5.4-2**

Coeficiente de Duración (mayor a una hora)

Duración (hr)	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
T=2 y 5 años $CD_D$	0,19	0,30	0,47	0,60	0,70	0,77	0,82	0,86	0,92	1,00
T=10 ó más años $CD_D$	0,17	0,26	0,41	0,53	0,63	0,71	0,77	0,82	0,90	1,00

**Relaciones IDF para lluvias menores a 1 hora con coeficientes de duración y frecuencia**

Para lluvias menores de una hora se recomiendan los siguientes valores, en relación a la precipitación de 1 hora, para cualquier periodo de retorno.

$$P_D^T = C \cdot CF^T \cdot CD_D \cdot (CD_1 \cdot PD^{10})$$

**Ecuación 5.4.2**

*Precipitación de 1 hora*

$C$  Es un coeficiente que transforma las precipitaciones diarias en máximas en 24 horas y que adopta un valor igual a 1,0 según el Plan Maestro de Santiago

$CF^T$  Es el coeficiente de frecuencia, que para la Región Metropolitana adopta los valores de la Tabla 5.4-1

$CD_D$  Es un coeficiente de duración cuyos valores para la Región Metropolitana dependen además del periodo de retorno para lluvias menores a 1 hora, según Tabla 5.4-3

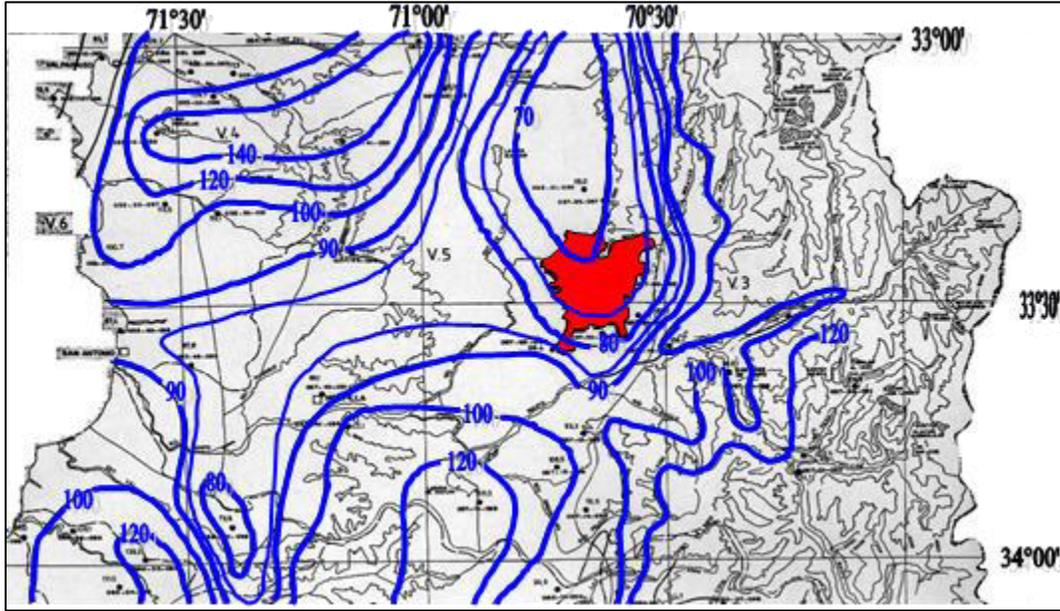
$CD_1$  0.19 o 0.17, según período de retorno, Tabla 5.4-2

$PD^{10}$  Es la precipitación diaria (en milímetros) de 10 años de periodo de retorno, que se utiliza como referencia. Este valor depende del lugar y se obtiene de mapas de isoyetas diarias en la Región Metropolitana publicadas por la DGA y cuyo mapa se reproduce en la Figura 5.4-1

**Tabla 5.4-3**

Coeficiente de duración (menor a una hora)

Duración (minutos)	5	10	15	20	30	40	50	60
$CD_D$	0,29	0,45	0,57	0,66	0,79	0,87	0,94	1,00



**Figura 5.4-1**

Mapa de Isoyetas de Lluvias de un día de duración y 10 años de período de retorno de la Región Metropolitana.  
Obtenido de la publicación de la DGA Precipitaciones Máximas de 1,2 y 3 días

Conocida la precipitación de una tormenta de duración  $D$  y período de retorno  $T$ , la intensidad media,  $I$ , se calcula como:

$$I_D^T = \frac{I_D^T}{D}$$

**Ecuación 5.4.3**

*Intensidad media*

### 5.4.3 Tormentas de diseño

Las características principales de una tormenta, desde la perspectiva de usar la información para diseñar sistemas de drenaje urbano, son su duración, magnitud total, intensidad máxima, variación de la intensidad en el tiempo y variación de la lluvia en el espacio. La magnitud total influye en el dimensionamiento de las obras de almacenamiento, mientras la intensidad máxima en las de transporte. Las propiedades en un punto se pueden describir con el comportamiento de la intensidad en función el tiempo, en lo que se llama un hietograma.

Se entiende por lluvia de diseño una tormenta de duración, magnitud e intensidad para cada intervalo predefinido, tales que las obras funcionan adecuadamente frente a una lluvia similar o menor, y pueden presentar fallas frente a eventos peores. Peores puede referirse en este caso a eventos más largos, más intensos o de mayor magnitud.

Las características principales que definen la tormenta de diseño son el periodo de retorno, la duración y la precipitación total. Otras características secundarias son la distribución temporal de precipitaciones para intervalos menores a la duración total y la distribución espacial en una zona de mayor tamaño. A continuación se describen y comentan los criterios para cuantificar estos parámetros.

## **Período de Retorno**

El período de retorno, o la probabilidad de ocurrencia de una lluvia, se selecciona de acuerdo al riesgo de falla que se está dispuesto a asumir para el sistema o elemento a dimensionar. En proyectos de drenaje urbano de aguas lluvias es habitual considerar dos tipos de tormentas, una de diseño, con la cual se dimensionan los elementos del sistema con períodos de retorno entre 2 y 10 años, dependiendo de los estándares de servicio, y otra de verificación con la cual se comprueba que para situaciones extremas no ocurran problemas graves aunque se aceptan fallas e inconvenientes, que corresponde a períodos de retorno entre 50 y 100 años. En todo caso para las obras y redes de drenaje urbano tanto el MOP como el MINVU proponen valores específicos de diseño y verificación para cada tipo de obra, de acuerdo a los estándares de servicio aceptables.

## **Duración**

La duración total está relacionada con el tiempo de concentración de la cuenca aportante, de modo de seleccionar una duración que genere el máximo escurrimiento. Para el diseño de elementos de conducción la duración de la tormenta debe seleccionarse siempre mayor o igual al tiempo de concentración, recomendando una duración que no exceda al tiempo de concentración por más del doble. Para el dimensionamiento de obras de almacenamiento, como estanques o lagunas, deben considerarse duraciones largas, típicamente de 24 horas para elementos de la red secundaria. En el caso de sistemas de drenaje complejos, en los cuales se dimensionan elementos que drenan cuencas de diferentes tamaños, y por lo tanto de distintos tiempos de concentración, para cuyo diseño se debiera seleccionar tormentas de distintas duraciones, se recomienda utilizar tormentas de diseño compuestas que mantengan el periodo de retorno para diferentes duraciones, como son las tormentas de un día de duración, 24 horas, con intervalos de una hora, o incluso menores, en las cuales la precipitación de cada intervalo se obtiene de las curvas IDF y después se ordenan por el método del bloque alternado, las que en conjunto con modelos de lluvia escorrentía adecuados permiten diseñar simultáneamente los elementos de toda la red de drenaje, considerando los diferentes tamaños de las subcuencas aportantes.

## **Magnitud de la precipitación**

La precipitación total de la tormenta es una característica climática del lugar que se puede obtener de las relaciones de Intensidad, Duración, Frecuencia, IDF. Seleccionados el período de retorno y la duración, de estas relaciones se obtiene la precipitación total de la tormenta.

## **Distribución Temporal**

La distribución temporal de la precipitación durante una tormenta es de especial interés. Se deben adoptar distribuciones temporales de precipitación realistas y que maximicen el escurrimiento que genera la cuenca, lo que es recomendable para el análisis de sistemas de drenaje en etapas de planificación. Otra opción es emplear distribuciones teóricas de acuerdo a las curvas IDF de manera de mantener para cualquier duración el periodo de retorno. En este caso se pueden utilizar tormentas concentradas al inicio, al centro o al final. Una opción más compleja es la simulación continua con eventos reales observados.

**Hietograma de Diseño:** El hietograma es el gráfico de la intensidad de la lluvia en función del tiempo, mientras que el pluviograma es la distribución en el tiempo de la precipitación acumulada. La distribución en el tiempo de la lluvia total caída durante un temporal es, sin lugar a dudas, un factor primordial en la determinación del escurrimiento de respuesta de la cuenca y, en consecuencia, debe ser considerado en la definición de una tormenta de diseño. La distribución temporal de la tormenta de diseño si bien tiene que ser realista y representar la forma de la lluvia en el lugar, debe también ser simple y con parámetros controlados, de manera que pueda usarse como elemento de juicio para analizar el comportamiento de las obras y poder dimensionarlas.

### **Distribución Espacial**

La distribución espacial de las precipitaciones para una misma tormenta es de interés cuando se analizan zonas extensas. Para el diseño de elementos de la red domiciliaria y secundaria se consideran tormentas espacialmente uniformes en una urbanización. Para la red primaria deben considerarse la extensión de la cuenca aportante y la disponibilidad de información para adoptar una variación espacial.

#### **5.4.4 Propiedades de las cuencas**

El proceso de transformación de la lluvia en escurrimiento está influido por las características de las cuencas, en cuanto a la capacidad de ellas para retener y separar parte de las lluvias y permitir escurrir al resto. La parte de la precipitación que queda retenida y no escurre inmediatamente se conoce como abstracción, y la parte que escurre como lluvia efectiva. La relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total se conoce como coeficiente de escorrentía de la cuenca. Por otra parte la velocidad con que el agua escurre sobre la cuenca y forma una crecida a la salida de ella depende de múltiples factores que se pueden resumir en el tiempo de concentración, o el tiempo de viaje que tarda la lluvia desde el punto más alejado hasta salir de la cuenca.

##### **5.4.4.1 Tiempo de Concentración**

El tiempo de concentración de una cuenca es el que debe transcurrir desde el inicio de una tormenta de intensidad uniforme para que toda la superficie de la cuenca aporte al escurrimiento a la salida. Puede estimarse como el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca una onda del flujo que parte desde el lugar hidráulicamente más alejado de la sección de salida.

El conocimiento del tiempo de concentración tiene interés práctico ya que al seleccionar tormentas de duraciones mayores al tiempo de concentración se asegura que la superficie aportante es la máxima. Por lo tanto, si se considera la intensidad máxima de la tormenta concentrada al inicio se asegura la obtención del caudal máximo a la salida, de manera que es relevante para dimensionar elementos de conducción o transporte. Sin embargo, no resulta tan relevante para el diseño de elementos de almacenamiento.

Para calcular el tiempo de concentración de una cuenca se puede recurrir a relaciones empíricas propuestas para cuencas similares, o a estimaciones basadas en la velocidad esperada de la onda una vez definido el recorrido del agua desde el punto más alejado hasta la salida. De todos modos el tiempo de concentración no podrá considerarse menor que 5 minutos para cuencas típicas de redes secundarias en urbanizaciones de la región Metropolitana.

Desafortunadamente no se disponen de relaciones que hayan sido validadas para cuencas urbanas en Chile, por lo tanto se recomiendan los siguientes procedimientos entre los que el proyectista debe seleccionar el que considere más adecuado.

**Recorrido de la Onda**

Se puede analizar el tiempo de concentración según el camino que debe recorrer la onda desde la zona más alejada. Los primeros elementos pueden ser planos inclinados, como techos o patios. Después avanza por cauces abiertos como zanjas o cunetas, para terminar en elementos de drenaje como colectores, ya sean canales o tubos. Si se tiene N de estos elementos en serie a lo largo del recorrido, el tiempo de concentración se estima como:

$$T_c = \sum_i^N T_c^i$$

**Ecuación 5.4.4**

*Tiempo de concentración*

Donde  $T_c^i$  en [min] es el tiempo de viaje en el elemento i, estimado a su vez como:

$$T_c^i = \frac{L_i}{60V_i}$$

**Ecuación 5.4.5**

*Tiempo de viaje del elemento i*

Siendo  $L_i$  en [m] la longitud del flujo y  $V_i$  en [m/s] la velocidad de la onda en ese elemento. Esta velocidad se puede estimar según las siguientes relaciones:

$$V = \frac{h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{gh}$$

**Ecuación 5.4.6**

*Elementos planos como patios*

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{g \frac{A}{b}}$$

**Ecuación 5.4.7**

*Elementos de conducción como, como cauces*

**Cuencas Rurales o Previas a ser urbanizadas**

Para cuencas rurales, o previas a ser urbanizadas, con un bajo porcentaje de superficies impermeables, se recomiendan las siguientes relaciones:

- Cuencas rurales relativamente planas con escurrimiento preferentemente superficial:

$$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

**Ecuación 5.4.8**

- Cuencas rurales no planas con escurrimiento preferentemente concentrado:

$$T_c = 0,0203 \left( \frac{L_1^3}{H} \right)^{0,385}$$

**Ecuación 5.4.9**

Ambas expresiones son básicamente la misma. En la superior se considera el largo del plano del flujo y su pendiente promedio, y en la segunda el largo del cauce principal y su desnivel.

**Cuencas Urbanas**

En cuencas ya urbanizadas, con porcentajes importantes de superficies impermeables y escurrimiento en planos:

- Cuencas urbanas relativamente planas, formadas por patios, estacionamientos, parques, techos, calles, etc.

$$T_c = 7 \frac{L^{0,6} n^{0,6}}{I^{0,4} S^{0,3}}$$

**Ecuación 5.4.10**

- Para cunetas, colectores y cauces en general relativamente anchos

$$T_c = \frac{1}{60} \left( \frac{L_1 n}{h^{2/3} S^{1/2}} \right)$$

**Ecuación 5.4.11**

En las relaciones expuestas el significado de los términos y las unidades son los siguientes:

- $T_c$  Tiempo de concentración, en minutos
- $L$  Longitud del escurrimiento superficial, en metros
- $L_1$  Longitud del cauce, en metros
- $S$  Pendiente, en metros por metro
- $H$  Desnivel en la cuenca, en metros
- $I$  Intensidad de la lluvia, en [mm/hr]
- $h$  Altura media del escurrimiento en planos o cauces, en metros
- $V$  Velocidad de propagación de la onda, en [m/s]
- $R$  Radio hidráulico del flujo, en metros
- $A$  Área del escurrimiento, en metros cuadrados
- $b$  Ancho superficial del escurrimiento, en metros
- $n$  Coeficiente de rugosidad de Manning de la superficie o el cauce

**Tabla 5.4-4**

Coeficiente rugosidad de Manning para superficies

Tipo de superficie	Coeficiente n
Tubos de plástico	0,011
Tubos de cemento asbesto	0,012
Tubos de mortero comprimido	0,013
Calles de hormigón y asfalto	0,015
Techos	0,018
Jardines	0,025
Superficies de tierra	0,030
Superficies con vegetación	0,050

**5.4.4.2 Abstracción y Lluvia Efectiva**

Las pérdidas, ya sea por evaporación o por infiltración, dependen de factores propios de cada superficie, con lo cual exhiben una importante variación espacial, y además el fenómeno varía en el tiempo.

La evapotranspiración considera la extracción de agua por las plantas y la evaporación desde el suelo. Influye la radiación solar, la temperatura, la presión de vapor, la velocidad del viento, la presión atmosférica, los cuales son variables en el tiempo.

En el caso de la infiltración, ésta es mayor al principio de la tormenta y va disminuyendo en forma aproximadamente exponencial a medida que aumenta la humedad del suelo, que es el parámetro más influyente.

**Modelo de infiltración de Horton**

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-\alpha t}$$

**Ecuación 5.4.12**

*Tasa de infiltración en el tiempo*

$$F(t) = f_c \cdot t + \frac{f_o - f_c}{\alpha} \cdot (1 - e^{-\alpha t})$$

**Ecuación 5.4.13**

*Infiltración acumulada en el tiempo*

- f<sub>o</sub> Tasa de infiltración al inicio o capacidad máxima de infiltración
- f<sub>c</sub> Capacidad última de infiltración
- α Tasa de decaimiento

**Modelo de infiltración Green-Ampt**

$$f(t) = K \cdot \left( \frac{\psi \cdot \Delta\theta}{F} + 1 \right)$$

**Ecuación 5.4.14**

*Tasa de infiltración en el tiempo*

$$F(t) = K \cdot t + \psi \cdot \Delta\theta \cdot \ln\left(1 + \frac{F}{\psi \cdot \Delta\theta}\right)$$

**Ecuación 5.4.15***Infiltración acumulada en el tiempo*

K Conductividad hidráulica saturada

 $\psi$  Potencial Capilar**5.4.4.3 Coeficiente de Escorrentía**

El coeficiente de escorrentía indica la proporción de la lluvia total que participa directamente en el escurrimiento cuando la lluvia es de duración indefinida. El resto de la precipitación queda detenida en las depresiones, se infiltra o se evapora. Para estimar el coeficiente de escorrentía a emplear se recomienda usar los valores propuestos en este manual.

La estimación del coeficiente de escorrentía para condiciones actuales y futuras es necesaria para la planificación y diseño de las obras que forman el sistema de drenaje.

El uso del coeficiente de escorrentía debe estar limitado a superficies moderadas homogéneas, especialmente en la red domiciliaria y en cuencas pequeñas de la red secundaria. No debe usarse para la estimación de caudales en la red primaria, ya que en esos casos el sistema opera en condiciones impermanentes, con gran influencia de las condiciones iniciales, las características de las lluvias, en cuanto a intensidad, duración y magnitud, así como las propiedades de las cuencas relacionadas con pendientes, depresiones, cauces, todas las cuales influyen demasiado en el resultado del caudal máximo.

Para estimar el coeficiente de escorrentía pueden emplearse los siguientes procedimientos:

- Usar los valores propuestos para la zona en el Plan Maestro de aguas lluvias. Sin embargo debe tenerse en cuenta que el Plan Maestro puede entregar valores promedio para zonas amplias que no necesariamente representen el caso en estudio.
- Para zonas ya urbanizadas de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 5.4-5**

Coeficiente de escorrentía según tipo de zona

Tipo de zona	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
<b>Áreas Residenciales</b>			
Suburbios semiurbanos	0,25	0,32	0,40
Casas Aisladas	0,30	0,40	0,50
Condominios aislados	0,40	0,50	0,60
Condominios pareados o continuos	0,60	0,67	0,75
Departamentos en edificios asilados	0,50	0,60	0,70
Departamentos en edificios continuos	0,70	0,80	0,90
<b>Áreas Comerciales</b>			
Comercio en alta densidad	0,70	0,82	0,95
Comercio en baja densidad	0,50	0,60	0,70
<b>Áreas industriales</b>			
Grandes industrias	0,50	0,65	0,80
Pequeñas industrias	0,60	0,75	0,90
Parques, plazas y jardines	0,10	0,17	0,25

En estas zonas también es aceptable estimar un coeficiente ponderado de acuerdo a la composición de las superficies elementales como se indica en el párrafo siguiente.

Para zonas de nuevas urbanizaciones debe estimarse un coeficiente ponderado según las superficies de cada tipo de ocupación del suelo, estimando las áreas de cada uno de los tipos siguientes, con los coeficientes de escurrimiento que se indican:

**Tabla 5.4-6**

Coefficiente de escorrentía según tipo de superficie

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
<b>Calles</b>			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, ladrillo	0,30	0,40	0,50
<b>Techos</b>			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
<b>Patios</b>			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,60	0,70
<b>Parques, plazas y jardines</b>			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

Para zonas rurales previas a ser urbanizadas, según la siguiente tabla:

**Tabla 5.4-7**

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
<b>Zonas agrícolas y de bosques o con vegetación natural</b>			
Agrícolas , cultivadas, pend. < 2%	0,10	0,12	0,15
Agrícolas , cultivadas, pend. 2% a 7%	0,15	0,17	0,20
Agrícolas , cultivadas, pend. > 7%	0,20	0,22	0,25
Sin cult., c/veget. Nat., pend. <2%	0,15	0,17	0,20
Sin cult., c/veget. Nat., pend. 2% a 7%	0,20	0,22	0,25
Sin cult., c/ veget. Nat., pend. >7%%	0,25	0,30	0,35
<b>Semiurbano, parcelas no agrícolas</b>			
Sitios mayores de 5000[m2]	0,25	0,32	0,40
Sitios menores de 5000[m2]	0,30	0,40	0,50

En general se recomienda utilizar los valores medios de cada categoría, a menos que se justifique el empleo de los valores mínimos. Si se desea considerar condiciones de seguridad se pueden emplear los valores máximos indicados.

Los rangos de valores indicados en las tablas son para tormentas típicas con periodos de retorno de 2 a 10 años. Para tormentas mayores se recomienda usar el valor más alto dentro de cada rango, o incluso valores mayores si se estima conveniente.

**5.4.4.4 Propiedades de los suelos**

En el caso de soluciones que se basen en la capacidad de infiltración del suelo es conveniente disponer de medidas efectuadas en terreno. También es posible obtener antecedentes de obras realizadas en el sector, de pozos de extracción de agua subterránea o de estudios de tipo general efectuados en la zona. Como orientación general se pueden considerar los antecedentes hidrogeológicos que se indican en la siguiente tabla para diversas comunas de la Región Metropolitana.

**Tabla 5.4-8**

Comuna	Litología	Tipo de Suelo	Profundidad Napa Freática (m)	Tipo de Acuífero (*)
Colina, Lampa, Pudahuel, Quilicura	Fina	Arcilloso con limo. Pumicitas en Pudahuel	20-50 < 2	SCF, L
Renca, Huechuraba, Conchalí, Recoleta, Independencia	Fina y media	Arenoso con grava	20-50	L, LC
Santiago, Providencia, Las Condes, Vitacura, Barnechea	Gruesa	Arenoso con grava	20-50 50-100	L
Cerro Navia, Quinta Normal, Lo Prado, Estación Central	Fina y media	Arenoso con grava. Pumicitas en Lo Prado	20-50	LC, CF
Ñuñoa, La Reina, Peñalolén, Macul	Fina	Arenoso con grava	50-100	LC
San Joaquín, San Miguel, P.A. Cerda, Cerrillos	Gruesa y fina	Arenoso con grava	50-100	L, CF
Maipú, Peñaflores	Gruesa y fina	Arenosos con arcilla y limo en Maipú	20-50	L, CF
Calera de Tango, San Bernardo, Lo Espejo, La Cisterna	Gruesa	Arenoso con grava	50-100 > 100	L
San Ramón, La Pintana, La Granja, La Florida, Pte. Alto	Media y gruesa	Arenoso y grava.	> 100	L
Pirque, Buin	Gruesa	Arenoso muy fino	Sin Información	L

**5.4.5 Métodos**

Existen varios procedimientos alternativos para llegar a definir un caudal de diseño para una obra de drenaje urbano, los cuales son más o menos pertinentes en distintas situaciones, dependiendo de la información hidrológica disponible y de las características de la cuenca. Todos ellos tienen un cierto grado de subjetividad y suponen distintas hipótesis.

**5.4.5.1 Método Racional**

Válido para cuencas inferiores a 50 Há., de características homogéneas, con superficie mayoritariamente impermeable sin obras de almacenamiento, con un tiempo de concentración menor a 1 hora. Podrá usarse este método para el dimensionamiento de elementos de conducción. Según este método el gasto aportante de una cuenca urbana se calcula como:

$$Q = \frac{CiA}{3600}$$

**Ecuación 5.4.16**

*Caudal a la salida de la cuenca*

- $Q$  Caudal a la salida de la cuenca [lts/s]  
 $i$  Intensidad de la lluvia [mm/hr]  
 $A$  Área de la cuenca [m<sup>2</sup>]  
 $C$  Coeficiente de escurrimiento de la superficie

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella con una duración igual al tiempo de concentración del área y con una frecuencia o período de retorno compatible con la importancia y trascendencia de la obra. Adoptada una frecuencia o período de retorno y seleccionada la duración de diseño, puede estimarse la intensidad de la lluvia recurriendo a la familia de curvas IDF representativas del lugar de interés.

A pesar de la aparente facilidad y simplicidad del método la determinación adecuada del coeficiente de escorrentía y de la intensidad de la lluvia de diseño, implica un cuidadoso y juicioso análisis en cada caso.

Este método supone que las propiedades de la cuenca y la intensidad de la lluvia se mantienen constantes a lo largo de la tormenta de diseño y por lo tanto entrega un caudal constante a la salida de la cuenca para la lluvia de diseño. Además, la elección de la intensidad en función del tiempo de concentración, el cual se obtiene mediante fórmulas empíricas extrapoladas a situaciones diferentes a las condiciones en que ellas se derivaron, puede originar errores.

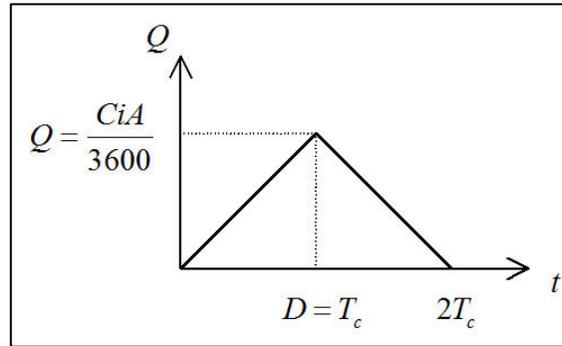
Este método se utiliza por lo general en proyectos privados, ya que el área aportante abarcada es menor que en grandes y extensos proyectos públicos. En términos generales, para cuencas urbanas el método racional es válido para casi todos los casos y sólo en casos específicos o si Serviu así lo determina, se utilizarán otros métodos de cálculo más exactos.

#### 5.4.5.2 Método Racional Modificado

Aplicable bajo las mismas condiciones que el Método Racional, exceptuando el hecho de que puede emplearse en cuencas que poseen elementos de regulación, como estanques o lagunas. Este método permite obtener el hidrograma de la crecida, por lo que puede ser usado para el dimensionamiento de obras de regulación y de conducción.

##### Caso 1 $D = T_c$

Si la duración de la tormenta es igual al tiempo de concentración, se genera un hidrograma de respuesta triangular, con un caudal máximo igual al valor entregado en la expresión del Método Racional, un tiempo de ascenso y de descenso igual al tiempo de concentración.

**Figura 5.4-2**

Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración igual al tiempo de concentración

**Caso 2  $D < T_c$**

Para lluvias de duración inferior al tiempo de concentración se genera un hidrograma triangular con un tiempo de ascenso igual a la duración de la tormenta, un tiempo de descenso igual al tiempo de concentración de la cuenca y un caudal máximo menor al entregado por el Método Racional, dado por:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{D}{T_c} Q$$

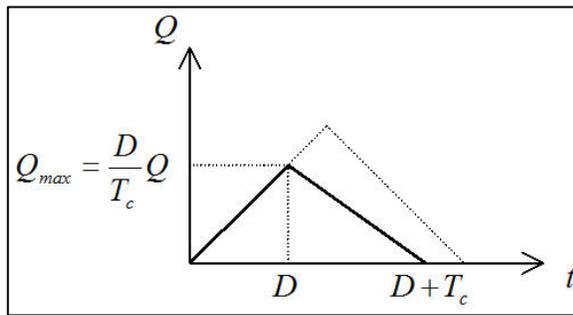
**Ecuación 5.4.17**

Donde:

$Q$  Caudal entregado por el método racional

$D$  Duración de la tormenta de diseño

$T_c$  Tiempo de concentración de la cuenca

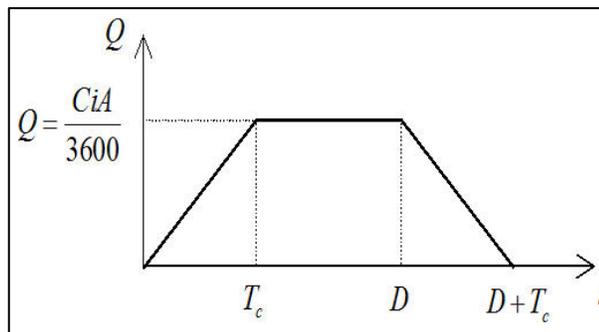


**Figura 5.4-3**

Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración menor al tiempo de concentración

**Caso 3  $D > T_c$**

Para lluvias de duración superior al tiempo de concentración se genera un hidrograma trapecial con un caudal máximo igual al del Método Racional pero que permanece constante desde  $t = T_c$  hasta  $t=D$ , a partir del cual cae a cero en un intervalo  $T_c$ .



**Figura 5.4-4**

Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración mayor al tiempo de concentración

En cualquier caso el caudal máximo en una tubería se produce temporalmente en el tiempo de concentración de la cuenca aportante respectiva. De este modo:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600} = \frac{C \cdot A}{3600} \cdot \left[ \frac{P_{T_c}^T}{T_c} \right]$$

Ecuación 5.4.18

Donde:

 $P_{T_c}^T$  Precipitación de diseño de período de retorno T y duración Tc [mm] $T_c$  Tiempo de concentración de la cuenca [hr]**5.4.5.3 Método del Soil Conservation Service (SCS)**

Otro procedimiento recomendable para estimar los caudales máximos en cuencas urbanas, así como la forma del hidrograma correspondiente, es el desarrollado por el Soil Conservation Service de Estados Unidos (Soil Conservation Service, 1964), método conocido como procedimiento de la Curva Número. Esta metodología considera dos etapas o pasos: calcular el volumen escurrido o lluvia efectiva y estimar el caudal máximo de la crecida y la forma del hidrograma de la crecida.

**Lluvia efectiva**

El método establece que la relación entre la retención real  $P - I_a - Q$ , y la retención potencial máxima  $S$  es igual a la relación entre la escorrentía real  $Q$  y la escorrentía potencial máxima  $P - I_a$ .

$$\frac{P - I_a - Q}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Ecuación 5.4.19

La experiencia práctica muestra que  $I_a = 0.2 \cdot S$ , entonces:

$$Q = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{p + 0.8 \cdot S}$$

Ecuación 5.4.20

El potencial máximo de retención de agua es función de la Curva Número es:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Ecuación 5.4.21

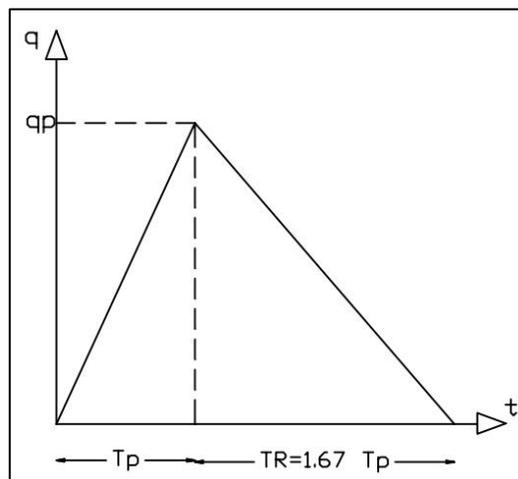
El factor CN o curva número depende del tipo de suelo, de la naturaleza y cobertura del suelo y las condiciones previas de humedad. Hay que considerar que una superficie absolutamente impermeable le corresponde un valor de CN=100.

**Tabla 5.4-9**

Curva Numero. US Soil Conservation Service, 1975

Cobertura de Superficie	%Imp	A	B	C	D
<b>Desarrollado</b>					
Permeable					
Prados y parques					
Pasto <50%		68	79	86	89
Pasto 50 a 75%		49	69	79	84
Pasto >75%		39	61	74	80
Impermeables					
Calles y caminos					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Distritos urbanos					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial					
Sitios 500 m2 o menor	65	77	85	90	92
Sitios 1.000 m2	38	61	75	83	87
Sitios 2.000 m2	25	54	70	80	85
Sitios 5.000 m2	20	51	68	79	84
Sitios 10.000 m2	12	46	65	77	82
<b>Areas en desarrollo</b>		77	86	91	94
(*) A: Arenas y arenas limosas; B: Limos; C: Limos arcillosos con algo de arena; D: Arcillas y limos.					

**Caudal máximo y forma del hidrograma**



**Figura 5.4-5**  
Hidrograma método SCS

$$q_p = \frac{2 \cdot Q}{T_p + T_r}$$

Ecuación 5.4.22

- $q_p$  Caudal máximo
- $Q$  Lluvia efectiva (mm)
- $T_p$  Período de elevación o tiempo hasta el caudal máximo (hr).  $T_p = 0.67 \cdot T_c$
- $T_r$  Tiempo de recesión (hr).  $T_r = 1.67 \cdot T_p$

$$q_p = 0.75 \cdot \frac{Q}{T_p}$$

Ecuación 5.4.23

#### 5.4.5.4 Método Modelo SWMM

SWMM (Storm Water Management Model) es uno de los modelos computacionales más utilizados en el mundo para el análisis y diseño de drenaje urbano, diseñado por US Environmental Protection Agency, en Estados Unidos. SWMM utiliza el método del embalse no lineal para simular la transformación lluvia-escorrentía. Este método no sólo transforma la precipitación efectiva en escorrentía, sino que también la propaga hacia la salida de la cuenca. Según este método, la cuenca es representada como un plano rectangular caracterizado por su área, ancho, pendiente e impermeabilidad. En su formato tradicional, la simulación se realiza separadamente para las subáreas permeables e impermeables, para posteriormente adicionarse las contribuciones. Sin embargo, también es posible conectar las subáreas entre si antes de drenar hacia aguas abajo.

En cada una de las sub-áreas el método del embalse no lineal combina la ecuación de continuidad con la ecuación de Manning aplicada al plano, suponiéndose que la profundidad de flujo es mucho menor al ancho de escurrimiento.

La intensidad de lluvia efectiva es estimada mediante cualquiera de los tres métodos ampliamente utilizados para la representación de abstracciones: el método de Horton, el método de Green-Ampt, y el método de la Curva Número.

Un análisis de la escorrentía y caudales realizado mediante el modelo del programa SWMM es un análisis variable en el tiempo, a lo largo de la duración de la tormenta. Con este tipo de análisis se puede obtener resultados más cercanos a la realidad y no sobredimensionados, como los que podría entregar el Método Racional que considera una intensidad máxima de lluvia constante en un tiempo de concentración.

La modelización se lleva a cabo con la finalidad de convertir el escenario real en un escenario virtual en el cual por medio de las ecuaciones que rigen el comportamiento del mismo, se persigue conseguir el máximo realismo en su comportamiento.

La mayoría de los programas informáticos para cálculos hidrológicos e hidráulicos (entre ellos SWMM) tienen un número de opciones para cada elemento del proceso que comienza con la precipitación y termina con un hidrograma en algún momento en el sistema. El modelo en SWMM esta conceptualizado en cuatro grandes sistemas:

- El sistema atmosfera: el cual contiene los datos de precipitación y demás información climática
- El sistema superficie: el cual se representa por medio de subcuencas y conecta el sistema atmosfera con los demás
- El sistema transporte: el cual contiene los elementos de conducción de agua (tuberías, confluencias, embalses)
- El sistema subterráneo: que representa el movimiento de agua subterráneo por medio de acuíferos

Cada uno de estos sistemas tiene componentes que permiten incluir la información necesaria para los procesos dentro del modelo. El resultado final consiste en la obtención del hidrograma de caudales en los puntos donde interesa su conocimiento.

### 5.5 DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS

#### 5.5.1 Criterios generales de diseño

Al plantear las alternativas técnicas de solución a los problemas de aguas lluvias en la urbanización debe tenerse en cuenta los criterios generales de diseño propuestos en esta guía, tener especial atención con el destino que se le dará a los excesos de las aguas generadas y considerar las opciones técnicas de solución disponibles.

El proyectista debe considerar algunos criterios básicos que orientan las soluciones de drenaje de aguas lluvias de la zona a urbanizar. En la Región Metropolitana los proyectos deben satisfacer al menos los siguientes:

- Respetar el sistema general de drenaje y la capacidad de los colectores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias
- Evitar la inundación de calles y bienes para períodos de retorno preestablecidos en las condiciones de diseño
- Evitar que para condiciones de lluvias importantes se genere riesgo para las personas o se produzcan daños a terceros, a la propiedad pública o privada, o pérdidas de bienes
- Si se trata de una urbanización nueva de terrenos que no estaban urbanizados, la urbanización no debe generar mayores caudales máximos que los que se producían antes de urbanizar para las lluvias de diseño
- El criterio anterior también podrá aplicarse a proyectos de remodelación de zonas urbanas extensas, o grandes proyectos industriales, comerciales o institucionales en zonas ya urbanizadas
- Respetar el sistema de drenaje natural de la zona, el trazado de las quebradas y cauces naturales que existan. En lo posible incorporarlo a las áreas verdes para ser utilizado como drenaje del lugar, minimizando los impactos de la urbanización sobre el sistema natural de la cuenca hacia aguas abajo
- Abordar la solución de los problemas de calidad de las aguas lluvias generadas en la urbanización mediante la captación y tratamiento en el lugar de una proporción importante del volumen de escorrentía anual

## 5.5.2 Obras complementarias

### 5.5.2.1 Desconexión de áreas impermeables

La desconexión de áreas impermeables es un esquema general para abordar el problema basado en evitar que las aguas lluvias escurran rápido. Por el contrario, se trata de favorecer la retención, privilegiar los caminos lentos y largos del flujo, y dar oportunidades para la infiltración. Las obras de desconexión de áreas impermeables son obras de menor tamaño y costos reducidos, cuyo objetivo es disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo. Su uso provoca la reducción del área impermeable que efectivamente aporta al escurrimiento. La mayoría de estas obras no significan costos adicionales para la urbanización, ya que forman de por sí parte de ella. La idea es que su diseño y ubicación favorezcan la solución de los problemas de aguas lluvias. Se trata de intercalar zonas permeables entre zonas impermeables para recoger el flujo proveniente de ellas, y drenar hacia aguas abajo un flujo amortiguado. El diseño y construcción de estas obras se basa en aprovechar los espacios disponibles y controlar la dirección del escurrimiento desde aguas arriba. En general reciben el caudal de zonas aportantes pequeñas, como casas, pasajes, condominios, edificios, centros comerciales, calles y estacionamientos.

Entre las obras de desconexión principales se encuentran las Zanjas, las Franjas de Pasto y los Pavimentos Permeables.

#### **Zanja de Pasto**

Vía de drenaje cubierta de pasto, de sección trapezoidal y taludes tendidos. Se diseñan para que el flujo escurra con poca velocidad favoreciendo la retención y la infiltración del agua.

#### **Franja de Pasto**

Superficie uniformemente cubierta con pasto y vegetación densa y resistente. El flujo es transversal a ella, provocando infiltración y retención temporal. Adecuada para franjas entre la vereda y la calle, o entre la línea de edificación y la acera.

#### **Pavimentos Permeables**

Pavimentos de alta porosidad o bloques prefabricados con espacio en la superficie que permite la infiltración.



**Figura 5.5-1**

Zanjas de pasto



**Figura 5.5-2**  
Franjas de pasto



**Figura 5.5-3**  
Pavimentos permeables

### 5.5.2.2 Obras de infiltración

Las obras de infiltración captan el flujo superficial y facilitan su infiltración en el suelo. Pueden tener una capacidad de almacenamiento no despreciable, con lo que además de reducir el escurrimiento total, también contribuyen a la disminución del caudal máximo.

Entre las obras de infiltración se encuentran los Estanques de Infiltración, Zanjas de Infiltración y Pozos de Infiltración.

#### **Estanques de Infiltración**

Estanque de poca profundidad, ubicado en suelos permeables, que aprovechan la existencia de depresiones naturales en áreas abiertas. Almacenan temporalmente el agua y la infiltran en un tiempo relativamente corto, ya que operan con alturas de agua pequeñas, del orden de pocos centímetros. Entre lluvias, estos son áreas verdes que permiten otros usos públicos.

#### **Zanjas de Infiltración**

Obras de infiltración longitudinales con profundidades recomendables entre 1 y 3 metros. Reciben el escurrimiento ya sea desde la superficie o mediante tuberías perforadas que pueden entrar desde sus extremos. De esta última forma pueden ser tapadas, permitiendo otro uso de la superficie como veredas o calles.

**Pozos de Infiltración**

Excavación puntual de profundidad variable donde se infiltra el agua proveniente de la superficie. Pueden usarse en serie con obras de almacenamiento aguas arriba, como estanques. Además, se pueden utilizar en suelos en que los estratos superficiales no son permeables pero el estrato infiltrante es de textura gruesa. También pueden proyectarse pozos de infiltración semiprofundos, hasta 20 [m], o pozos profundos hasta 40 o 60m. En todo caso debe cuidarse que este tipo de pozos no descarguen directamente a la napa, para lo cual debe existir entre el fondo del pozo y el nivel máximo del agua subterránea una diferencia libre significativa.



**Figura 5.5-4**  
Estanco de infiltración



**Figura 5.5-5**  
Zanja de infiltración en construcción



**Figura 5.5-6**  
Pozo de infiltración semiprofundo

## 5.5.2.3 Obras de almacenamiento

Las obras de almacenamiento se usan para disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo por medio de la retención temporal y el almacenamiento controlado en zonas especialmente dispuestas y diseñadas para esto. Estas drenan hacia el sistema de drenaje de aguas abajo o hacia algún elemento de infiltración, como pozos o zanjas. Algunas obras de almacenamiento son Estanques y Lagunas.

### Lagunas

Se usan en lugares en que la napa de agua subterránea está alta, o en zonas donde es posible contar con agua para satisfacer un volumen mínimo permanente que posee la laguna durante todo el año.

### Estanques

Volumen de almacenamiento disponible que normalmente se encuentra vacío permitiendo su uso para otras actividades, y que durante las tormentas se llena y vacía en pocas horas.

También pueden utilizarse pavimentos permeables con detención subterránea, es decir con capacidad de almacenar agua en la subbase bajo el pavimento.



**Figura 5.5-7**  
Laguna



**Figura 5.5-8**  
Estanque

**5.5.3 Transporte en calles**

Las calles, veredas y otros elementos destinados al tránsito de personas y/o vehículos reciben parte importante de las lluvias y en muchos casos se consideran como los elementos iniciales del sistema de drenaje. Como su principal tarea no es conducir aguas lluvias, se debe tener especial precaución para evitar disfuncionalidades que impidan el tránsito, considerando de manera especial las capacidades de conducción de agua y la forma de evacuarla hacia los sistemas de drenaje propiamente tales.

**5.5.3.1 Ecurrimiento en vías públicas**

Para el diseño de la red secundaria de aguas lluvias se debe verificar que las calles no conduzcan cantidades importantes de aguas lluvias, de manera que las áreas y profundidades de inundación de las calles en condiciones de tormentas menores, es decir, de períodos de retorno de 2 años, no sobrepasen ninguna de las indicadas para cada tipo de vía en la Tabla 5.5-1.

**Tabla 5.5-1**

Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores
Todos los tipos	No sobrepasar el nivel de la solera.
	El ancho de la cuneta inundada no debe sobrepasar de 1,2 m.

El exceso de agua debe necesariamente ser conducido por el sistema de drenaje. Por ello el proyecto debe contar además con suficientes sumideros, adecuadamente espaciados, que eviten que el agua escurra, se concentre y acumule en las calles por sobre los límites indicados en la Tabla 5.5-1 y Tabla 5.5-2.

Además, para evitar riesgo a las personas, o daños a la propiedad pública o privada, se debe verificar que para tormentas mayores, con período de retorno de 100 años, las inundaciones provocadas por las aguas lluvias en las calles, no sobrepasen las condiciones que se indican a continuación en la Tabla 5.5-2. El exceso de agua debe ser conducido por los colectores, para lo cual se dispondrá de suficientes sumideros.

**Tabla 5.5-2**

Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores
Todos los tipos	La inundación no debe alcanzar la línea de edificación ni en el nivel ni en la extensión
	La velocidad media del flujo no debe sobrepasar los 2 m/s
	La profundidad del agua en cualquier punto de la sección transversal de la calle no debe exceder de 0,3 m si la velocidad media es inferior a 1 m/s, ni de 0,2 m si es mayor a 1,0 m/s
Pasajes	La profundidad máxima no debe exceder de 0,2 m y la velocidad media debe ser inferior a 1,0 m/s
Locales y de servicio	El nivel del agua no debe sobrepasar la solera
Colectoras y Troncales	Debe quedar al menos una pista libre de agua

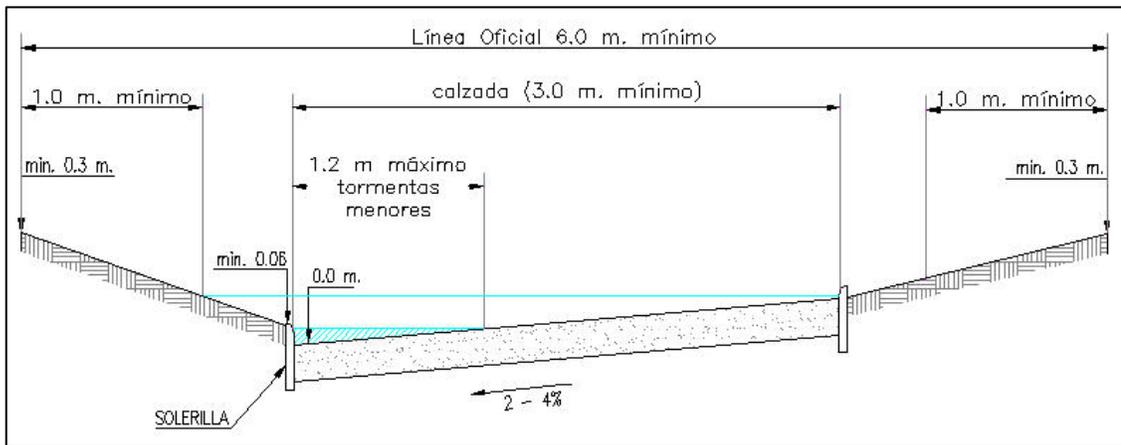
**5.5.3.2 Perfiles transversales de calles y cunetas**

Las calles reúnen y conducen hacia la red de drenaje las aguas lluvias que precipitan sobre ellas. Adicionalmente, las zonas de aguas arriba de una urbanización, pueden recibir aguas lluvias que precipitan sobre los terrenos circundantes, para luego conducirlos a la red de drenaje. Pese a lo anterior, esta práctica no es recomendable, ya que termina transformando las calles en colectores superficiales de aguas lluvias. Para evitarlo, sólo se permite una cantidad reducida de agua en las calles, limitada por las restricciones impuestas a las condiciones de diseño para tormentas menores, o las de inundación máxima para tormentas mayores según el párrafo 5.5.3.1

Para vías urbanas destinadas a la conducción y transporte de aguas lluvias, SERVIU podrá aprobar otros diseños que permiten una mayor capacidad hidráulica sin limitar la funcionalidad de la vía. Estos diseños buscan minimizar el riesgo de inundación de viviendas, facilitar el tránsito peatonal y vehicular sobre las calzadas y facilitar la captación de las aguas lluvias a través de los sumideros.

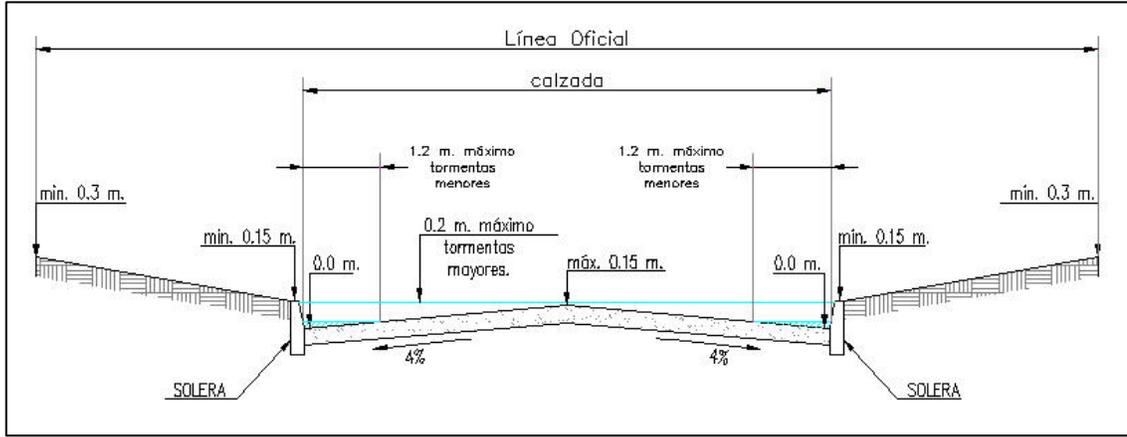
**Perfiles transversales de calles**

Para facilitar la conducción de aguas en las calles sin que se produzcan problemas, en los bordes de la calzada se formará una cuneta con la solera y el pavimento. La capacidad hidráulica de esta cuneta depende de la pendiente transversal del pavimento y de la pendiente longitudinal de la calle. Para mejorar esta capacidad de conducción se podrán diseñar secciones transversales como las que se indican en las figuras siguientes, incluyendo la posibilidad de formar cunetas fuera de la calzada.



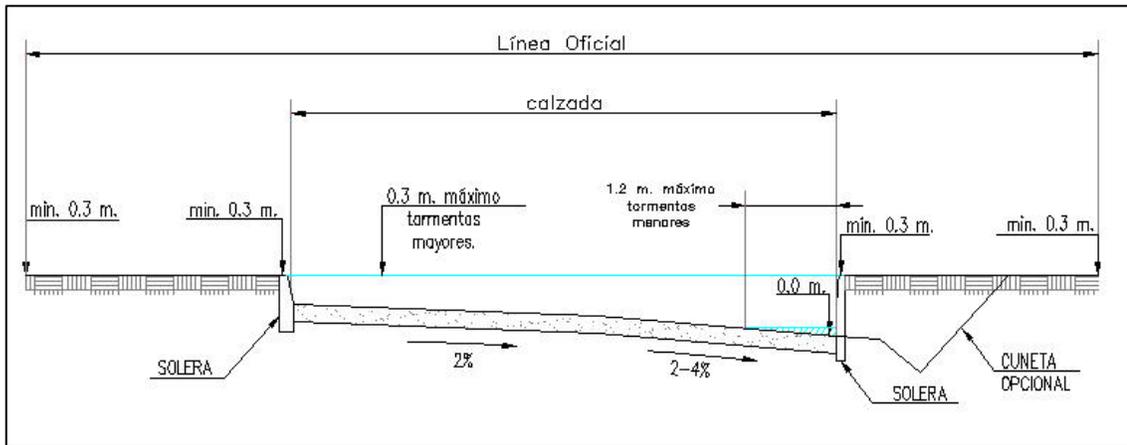
**Figura 5.5-9**

Ejemplo de sección transversal alternativa en Pasajes



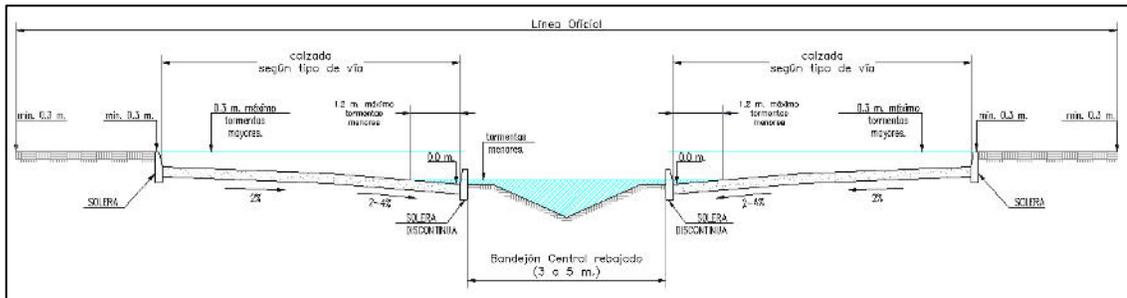
**Figura 5.5-10**

Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Locales y de Servicio con coronamiento al centro y cuneta a ambos lados de la calzada



**Figura 5.5-11**

Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Locales y de Servicio con pendiente transversal única y cuneta a un solo lado de la calzada. Opcionalmente la cuneta podría diseñarse fuera de la calzada



**Figura 5.5-12**

Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Colectoras y Troncales con cuneta al centro de la calzada y un bandejón central para conducir las aguas lluvias en zanja abierta

### Cunetas y soleras

En las vías urbanas la solera permite delinear y limitar la calzada evitando que los vehículos salgan de ella. Al mismo tiempo se utilizan para formar una cuneta y facilitar la recolección y conducción de las aguas lluvias. En la cuneta se ubican los sumideros para extraer el agua desde la calzada y dirigirla hacia el sistema de drenaje. La operación de los sumideros se facilita si el flujo en la cuneta tiene mayor profundidad.

Como una alternativa, el proyectista puede considerar el drenaje de las calles hacia obras de menor tamaño dispuestas especialmente para esto. Estas obras pueden ser zanjas de infiltración o pequeños volúmenes de regulación fuera del límite de la calzada conectados al drenaje hacia aguas abajo. Esto se podrá hacer siempre y cuando exista espacio disponible para ello. También podrán usarse soleras tipo zarpa, las que podrán tener pendientes transversales de hasta el 10%. Para pendientes longitudinales mayores al 10%, SERVIU sólo permite usar solera tipo zarpa en calzadas de hormigón.

Los bandejones centrales de las calles y avenidas pueden incorporarse a la solución de aguas lluvias como zonas de infiltración y retención temporal. En este caso se deben considerar soleras que permitan el drenaje desde la cuneta con sumideros especialmente dispuestos para estos fines y pendientes transversales que conduzcan las aguas lluvias hacia el bandejón central.



**Figura 5.5-13**

Soleras discontinuas y drenaje mediante una pequeña zanja en el bandejón



**Figura 5.5-14**

Bandejón central rebajado con capacidad de drenaje

### 5.5.3.3 Capacidad hidráulica de calles

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se puede estimar con las características geométricas de la cuneta y la pendiente longitudinal de la calzada, aplicando la ecuación de Manning para estimar la velocidad media del flujo, con un coeficiente de rugosidad de  $n = 0,015$  para pavimentos de hormigón y asfalto:

$$V = \left( \frac{A}{P} \right)^{2/3} \cdot \frac{I^{0.5}}{n}$$

**Ecuación 5.5.1**

*Capacidad teórica de agua*

Donde:

- $V$  Velocidad media del flujo, en [m/s]
- $A$  Área de la sección del flujo en [m<sup>2</sup>]
- $P$  Perímetro mojado, en [m]
- $I$  Pendiente longitudinal de la calle, en [m/m]
- $n$  Coeficiente de rugosidad de la superficie

Desde el punto de vista del diseño, la capacidad de conducción de aguas lluvias de las calles se considerará como el valor mínimo de las siguientes dos capacidades alternativas: considerando el ancho máximo permitido de la sección inundada, o la cuneta llena y un factor de reducción por otros uso de la calle, de acuerdo a lo que se indica a continuación.

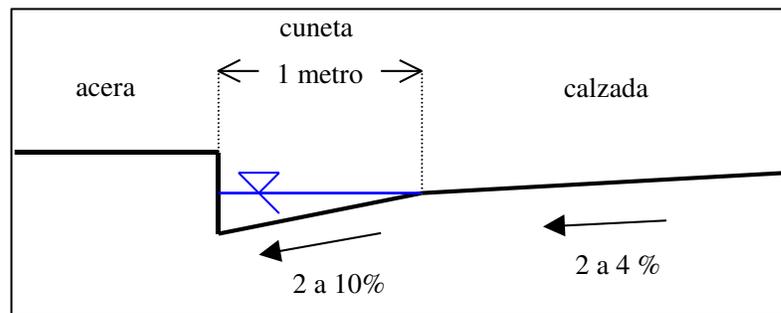
### 5.5.3.4 Capacidad de diseño para tormentas menores

Estas capacidades teóricas de las calles se entregan como referencia, sin embargo la capacidad real deberá estimarse con las condiciones geométricas de terreno, considerando además que

ella se ve afectada por la existencia de singularidades como badenes, lomos de toro, accesos vehiculares, encuentros de calles, reparaciones, vehículos estacionados, etc.

La capacidad teórica de las calles según el ancho máximo inundable permite reunir y conducir pequeños caudales hacia la red de drenaje o a otros cauces para tormentas menores, con períodos de retorno de 2 años.

Las formas geométricas de las cunetas típicas usadas por el SERVIU, corresponden a una cuneta simple formada por la intersección de la solera y una pendiente transversal entre el 2% y el 4% en la calzada, dependiendo del ancho de la calle. Sin embargo también se puede considerar una pendiente distinta en la zona de la cuneta para aumentar su capacidad como se ilustra en la Figura 5.5-15:



**Figura 5.5-15**  
Geometría transversal de la cuneta simple

Considerando un ancho de inundación máximo permitido de 1,2 [m] en condiciones de diseño, las capacidades de conducción de aguas lluvias de las calles son las que se indican en la

Tabla 5.5-3:

Tabla 5.5-3

Capacidades de conducción de aguas lluvias de las calles (1)

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Cuneta simple 2%		Cuneta simple 3%		Cuneta simple 4%	
	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]
0,003	0.189	2.720	0.246	5.310	0.296	8.520
0,004	0.218	3.140	0.284	6.131	0.342	9.838
0,005	0.244	3.511	0.317	6.855	0.382	10.999
0,006	0.267	3.846	0.348	7.509	0.418	12.049
0,007	0.288	4.154	0.376	8.111	0.452	13.014
0,008	0.308	4.441	0.401	8.671	0.483	13.913
0,009	0.327	4.710	0.426	9.197	0.512	14.757
0,010	0.345	4.965	0.449	9.695	0.540	15.555
0,020	0.488	7.022	0.635	13.710	0.764	21.998
0,030	0.597	8.600	0.777	16.791	0.935	26.942
0,040	0.690	9.930	0.898	19.389	1.080	31.110
0,050	0.771	11.102	1.004	21.678	1.208	34.782
0,060	0.845	12.162	1.099	23.747	1.323	38.101
0,070	0.912	13.137	1.187	25.649	1.429	41.154
0,080	0.975	14.044	1.269	27.420	1.528	43.996
0,090	1.034	14.896	1.346	29.084	1.620	46.664
0,100	1.090	15.701	1.419	30.657	1.708	49.189

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5%. (0,005)

Como puede apreciarse la capacidad de conducción de las calles, con la restricción de un ancho de inundación máxima de 1,2 [m] y pendiente transversal máxima de 4 % es muy reducida.

En algunos casos se puede recurrir a pendientes transversales de mayor pendiente, ya sea para formar una cuneta simple, o como parte de una cuneta compuesta. En estos casos las capacidades son las que se muestran en la

Tabla 5.5-4, para flujos con 1,2 [m] de ancho.

Tabla 5.5-4

Capacidades de conducción de aguas lluvias de las calles (2)

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Cuneta simple 5%		Cuneta simple 6%		Cuneta simple 7%		Cuneta simple 10%	
	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]	Velocidad [m/s]	Gasto [l/s]
0,003	0.341	12.276	0.383	16.524	0.421	21.223	0.524	37.699
0,004	0.394	14.175	0.442	19.081	0.486	24.507	0.605	43.531
0,005	0.440	15.848	0.494	21.333	0.544	27.399	0.676	48.669
0,006	0.482	17.361	0.541	23.369	0.596	30.014	0.740	53.315
0,007	0.521	18.752	0.584	25.241	0.643	32.419	0.800	57.586
0,008	0.557	20.046	0.625	26.984	0.688	34.658	0.855	61.562
0,009	0.591	21.262	0.663	28.621	0.729	36.760	0.907	65.297
0,010	0.623	22.412	0.698	30.169	0.769	38.749	0.956	68.829
0,020	0.880	31.696	0.988	42.666	1.087	54.799	1.352	97.339
0,030	1.078	38.819	1.210	52.255	1.332	67.114	1.656	119.215
0,040	1.245	44.825	1.397	60.339	1.538	77.497	1.912	137.658
0,050	1.392	50.116	1.562	67.461	1.719	86.644	2.138	153.906
0,060	1.525	54.899	1.711	73.900	1.883	94.914	2.342	168.596
0,070	1.647	59.298	1.848	79.821	2.034	102.519	2.529	182.104
0,080	1.761	63.392	1.975	85.332	2.175	109.597	2.704	194.677
0,090	1.868	67.237	2.095	90.508	2.306	116.246	2.868	206.487
0,100	1.969	70.874	2.208	95.404	2.431	122.534	3.023	217.656

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5%. (0,005)

5.5.3.5 Capacidad máxima

La capacidad máxima de las calles se establece para la verificación frente a tormentas mayores, con períodos de retorno de 100 años, en la cual se acepta que conduzca agua hasta el nivel superior de la solera, evitando que desborde la calle e inunde las propiedades vecinas.

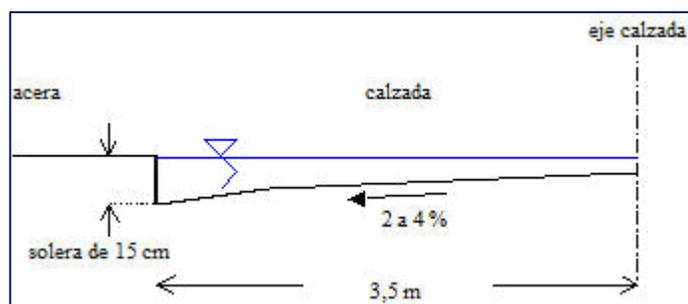


Figura 5.5-16

Esquema del escurrimiento a cuneta llena

Para estimar la capacidad de las calles a cuneta llena hasta el borde de la solera, se puede utilizar la mencionada ecuación de Manning, pero se debe incluir un factor de corrección para tomar en cuenta la reducción de capacidad por autos estacionados, obstrucciones en la cuneta, olas y salpicaduras. Los valores de capacidad indicados a continuación suponen flujo uniforme. En casos especiales deberá hacerse cálculos más precisos estimando los niveles del eje hidráulico considerando el efecto de las singularidades. El factor de corrección depende de la pendiente longitudinal. Los factores de corrección, valores máximos teóricos para una cuneta llena con

CAP N°5

soleras de 15 [cm], y las capacidades máximas a considerar con cunetas simples y pendientes transversales típicas son los que se muestran en la Tabla 5.5-5:

**Tabla 5.5-5**

Factores de corrección, valores máximos teóricos y capacidades máximas (1)

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Factor de corrección	Cuneta simple 2 % (2)		Cuneta simple 3% (2)		Cuneta simple 4% (2)	
		Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)
0,003	0,30	0,84	101	0,75	77	0,66	55
0,004	0,40	0,97	156	0,87	119	0,76	85
0,005	0,50	1,08	218	0,97	166	0,85	119
0,006	0,80	1,19	382	1,06	290	0,93	209
0,007	0,80	1,28	413	1,15	314	1,01	226
0,008	0,80	1,37	441	1,23	335	1,08	241
0,009	0,80	1,45	468	1,30	355	1,14	256
0,010	0,80	1,53	494	1,37	375	1,20	270
0,020	0,70	2,17	611	1,94	464	1,70	334
0,030	0,60	2,65	641	2,38	487	2,08	350
0,040	0,50	3,07	617	2,75	469	2,41	337
0,050	0,45	3,43	621	3,07	471	2,69	339
0,060	0,37	3,75	559	3,36	425	2,95	305
0,070	0,32	4,06	522	3,63	397	3,18	285
0,080	0,28	4,34	489	3,88	371	3,40	267
0,090	0,25	4,60	463	4,12	351	3,61	253
0,100	0,21	4,85	410	4,34	311	3,80	224

(1) Se recomiendan pendientes mayores o iguales que el 0,5%. (0,005)

(2) Se considera la calle llena hasta el eje (3,5 m) solamente como máximo.

(3) Considera el factor de corrección.

Para el caso de cunetas simples y pendientes transversales mayores, los valores de capacidad máxima de conducción son los que se muestran en la

Tabla 5.5-6.

Tabla 5.5-6

Factores de corrección, valores máximos teóricos y capacidades máximas (2)

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Factor de corrección	Cuneta simple 5 % (2)		Cuneta simple 6 % (2)		Cuneta simple 7 % (2)	
		Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)
0,003	0,30	0,63	42	0,62	35	0,62	30
0,004	0,40	0,73	65	0,72	54	0,72	46
0,005	0,50	0,81	91	0,81	76	0,80	64
0,006	0,80	0,89	160	0,88	132	0,88	112
0,007	0,80	0,96	173	0,95	143	0,95	121
0,008	0,80	1,03	185	1,02	153	1,01	130
0,009	0,80	1,09	196	1,08	162	1,07	138
0,010	0,80	1,15	206	1,14	171	1,13	145
0,020	0,70	1,62	255	1,16	211	1,60	179
0,030	0,60	1,99	268	1,97	222	1,96	188
0,040	0,50	2,29	258	2,28	214	2,26	181
0,050	0,45	2,56	260	2,55	215	2,53	182
0,060	0,37	2,81	234	2,79	194	2,77	164
0,070	0,32	3,03	219	3,01	181	2,99	153
0,080	0,28	3,24	204	3,22	169	3,20	144
0,090	0,25	3,44	194	3,42	160	3,39	136
0,100	0,21	3,63	171	3,60	142	3,58	120

(1) Se recomiendan pendientes mayores o iguales que el 0,5%. (0,005)

(2) Se considera la calle llena hasta el eje (3,5 m) solamente como máximo.

(3) Considera el factor de corrección.

Se debe hacer notar que, con flujos a cuneta llena, se producen escurrimientos con velocidades mayores a las permitidas para pendientes longitudinales de las calles superiores al 2,5%, como se destaca con las casillas en gris en las tablas anteriores. En estas condiciones, no se podrá ocupar la calzada totalmente llena para el escurrimiento de aguas lluvias, ya que con ello, se sobrepasan las velocidades máximas permitidas de 2 [m/s], las que generan riesgos importantes a peatones y vehículos en las calles. Por otra parte, en los caudales máximos permitidos indicados en los cuadros anteriores, se considera el factor de reducción de la capacidad de la calle debido fundamentalmente al exceso de velocidad, de manera que para la verificación del flujo con tormentas mayores, deberá considerarse que las calles no pueden conducir caudales superiores a los indicados. Debido a esto, las pendientes longitudinales máximas recomendadas para las calles que conduzcan aguas lluvias, deben reducirse a valores máximos del orden del 2,5%. En calles de mayor pendiente longitudinal debe incorporarse un sistema de drenaje independiente, evitando que las aguas lluvias escurran por las calles.

#### 5.5.4 Sumideros

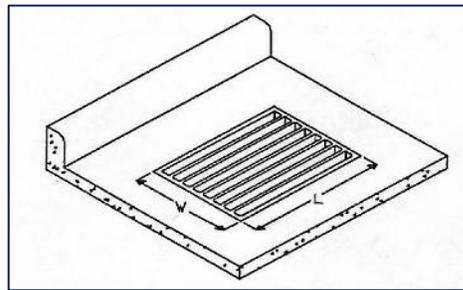
El proyecto de aguas lluvias debe considerar sumideros para captar y conducir el escurrimiento superficial, preferentemente, desde las calles hacia los elementos de la red secundaria.

La capacidad hidráulica de captación de los sumideros depende de su tipo pero también de su ubicación, la pendiente de la calle, las características del flujo y los sedimentos que lleve el agua. Es necesario por lo tanto emplear factores de reducción para tomar en cuenta estos efectos. Factores del orden de 0,5 son razonables si no se dispone de mayores antecedentes.

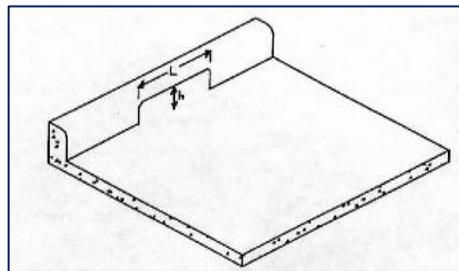
### 5.5.4.1 Tipos de sumidero

Se empleará sumideros según los tipos aprobados por SERVIU, considerando para su selección los aspectos del tránsito, seguridad de peatones y vehículos, operación en condiciones extremas, mantención y costos. Los sumideros son, en general, de tres tipos:

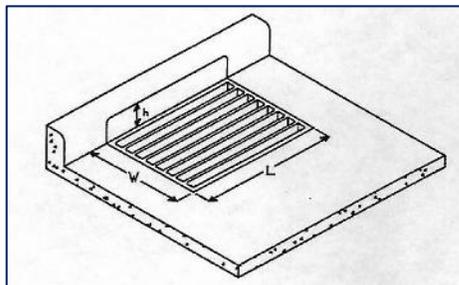
- Sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta. Funcionan efectivamente dentro de un rango amplio de pendientes de la calle, pero las rejillas se obstruyen con facilidad y pueden generar inconvenientes para ciclistas y peatones. Tipos S3 y S4 del SERVIU
- Sumideros laterales de abertura en la solera. Funcionan admitiendo objetos arrastrados por la corriente, pero su capacidad decrece con la pendiente, de manera que no se recomiendan para calles con pendientes longitudinales superiores al 3%. Pueden confeccionarse a partir del tipo S2 del SERVIU si se elimina la abertura horizontal en la cuneta. Cuando se utilice este tipo de sumidero se recomienda aumentar la pendiente transversal de la calzada en la zona de la cuneta
- Sumideros mixtos. Combinan aberturas horizontales en la cuneta y laterales en la solera. Se recomiendan para un amplio rango de condiciones. Tipos S1 y S2 del SERVIU



**Figura 5.5-17**  
Sumidero horizontal



**Figura 5.5-18**  
Sumidero lateral



**Figura 5.5-19**  
Sumidero mixto

### 5.5.4.2 Capacidad máxima de sumideros

La capacidad máxima de los sumideros depende del tipo, tamaño y diseño de la rejilla. Su capacidad hidráulica se puede estimar suponiendo que funcionan hidráulicamente como vertederos para pequeñas alturas de agua y como orificios para alturas de agua mayores. Colocados en una calle con pendiente, no siempre logran captar toda el agua que viene por ellas aunque, teóricamente, dispongan de capacidad para ello.

- Un sumidero horizontal de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros) y ancho b (transversal a la calle, en metros), con una rejilla de área de aberturas A, en metros cuadrados, puede evacuar como máximo un caudal  $Q_m$  [m<sup>3</sup>/s]:

$$Q_m = 1,66(L + 2b)h^{1,5} \quad \text{Si funciona como vertedero: } h < 1,6 \frac{A}{L+2b}$$

$$Q_m = 2,66 Ah^{0,5} \quad \text{Si funciona como orificio: } h \geq 1,6 \frac{A}{L+2b}$$

Donde h es la altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero, en metros.

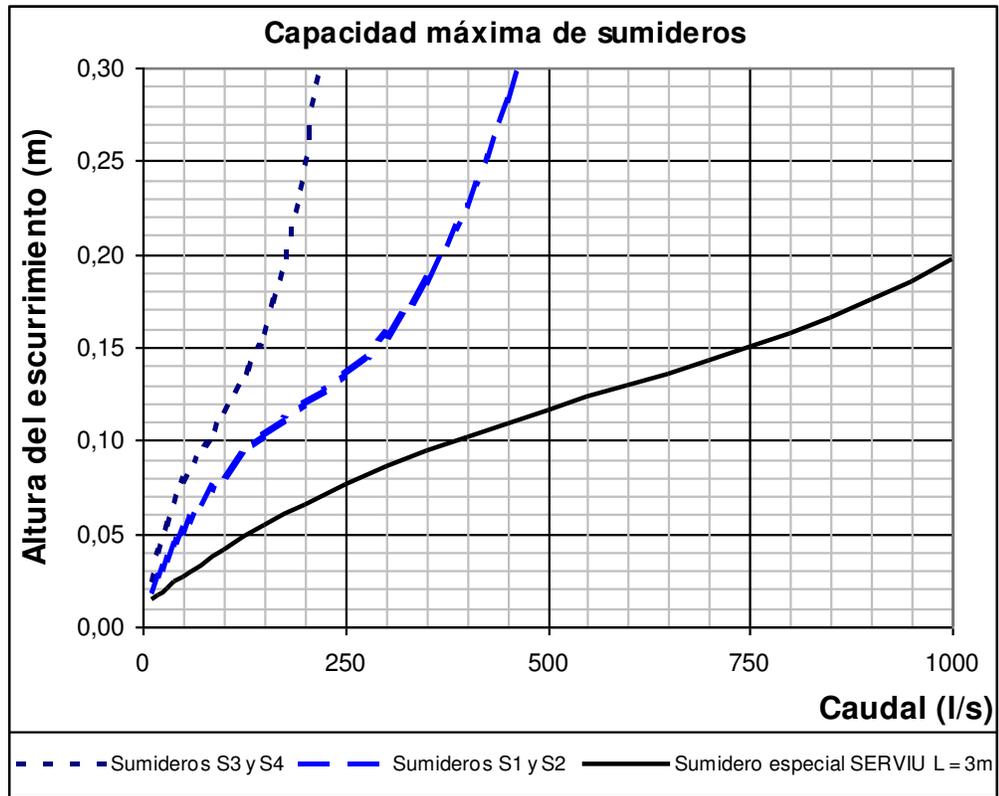
- Un sumidero lateral de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros), y altura de abertura a (vertical, en metros), puede evacuar como máximo un caudal  $Q_m$  (m<sup>3</sup>/s):

$$Q_m = 1,27Lh^{1,5} \quad \text{Si funciona como vertedero: } h < a$$

$$Q_m = 2,66 Lah^{0,5} \quad \text{Si funciona como orificio: } h \geq a$$

Donde h es la altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero, en metros.

Para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4 del SERVIU, así como también sumideros especiales que posee el SERVIU, correspondientes a baterías de sumideros de mayor longitud con rejilla horizontal, las capacidades máximas se muestran en la Figura 5.5-20:



**Figura 5.5-20**  
Capacidad máxima de sumideros tipo del SERVIU

### 5.5.4.3 Capacidad de diseño de sumideros

Los sumideros no necesariamente logran captar el caudal correspondiente a su capacidad máxima. En la realidad, los sumideros captan sólo parte del caudal que escurre por la cuneta, la fracción no captada escurre aguas abajo y debe agregarse al caudal que recibe la calle quedando, por lo tanto, para el siguiente sumidero. En términos de diseño, se habla de la eficiencia de un sumidero  $E$ , como la proporción que es capaz de captar del caudal que escurre por la cuneta.

La eficiencia global del sumidero es la suma de las eficiencias del sumidero horizontal y del sumidero lateral. Esta depende, principalmente, de las características geométricas de la cuneta, de las características geométricas del sumidero y de la magnitud del caudal que escurre por la cuneta. La capacidad de diseño del sumidero debe considerarse como el valor mínimo entre las dos opciones siguientes:

$$Q_s = E \cdot Q = (E_H + E_L)Q \quad \text{si } (E_H + E_L)Q \leq Q_m$$

$$Q_s = Q_m \quad \text{si } (E_H + E_L)Q > Q_m$$

Donde:

$Q_s$  Caudal captado por el sumidero

$Q$  Caudal que escurre por la cuneta aguas arriba del sumidero

$Q_m$  Capacidad máxima de captación del sumidero según 5.5.4.3

$E$  Eficiencia global del sumidero cuyo valor máximo es 1,0

$E_H$  Eficiencia del sumidero horizontal

$E_L$  eficiencia del sumidero lateral

- Un sumidero horizontal de largo  $L$ , metros, y ancho  $b$ , metros, colocado en la cuneta captura una proporción  $E_H$  del caudal que viene por la calle con un escurrimiento de ancho superficial  $T$ , metros, una velocidad  $V$ , metros por segundo, y una pendiente transversal de la cuneta  $S_x$ , metro por cada metro:

$$E_H = E_0 + R_s(1 - E_0) \quad 0 \leq E_H \leq 1$$

$$E_H = 1 - \left(1 - \frac{b}{T}\right)^{2,67} \quad 0 \leq E_0 \leq 1$$

$$R_s = \frac{1}{\left(1 + \frac{0,0828V^{1,8}}{S_x L^{2,3}}\right)} \quad 0 \leq R_s \leq 1$$

- En un sumidero lateral de altura  $a$ , metros, dispuesto en la cuneta, en que la altura del escurrimiento es  $h$ , metros, se logra captar una proporción  $E_L$  del caudal  $Q$  que escurre por la calle.  $L$  es el largo de la abertura del sumidero, metros,  $S_L$  es la pendiente longitudinal de la calle, metros por cada metro,  $S_x$  la pendiente transversal de la cuneta, metros por cada metro,  $Q$  el caudal que escurre por la calle, metros cúbicos por segundo,  $n$  el coeficiente de Manning:

$$\text{Si } h \leq a \quad E_L = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_T}\right)^{1,8} \quad 0 \leq E_L \leq 1$$

$$\text{Si } h > a \quad E_L = 1$$

$$L_T = 0,817Q^{0,42}S_L^{0,3}(nS_x)^{-0,6} \quad \text{Con } L_T \text{ mínimo igual a } L$$

Notar que cuando la altura del escurrimiento sobrepasa la abertura del sumidero el caudal captado viene limitado solamente por la capacidad máxima de captación del sumidero lateral según 5.5.4.2

- Para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4 y especiales del SERVIU las características y eficiencias de captación son las siguientes:

**Tabla 5.5-7**

Características del sumidero

Tipo de sumidero	Características	Sumidero S1 ó S2	Sumidero S3 ó S4	Sum. especial SERVIU
Sumidero Horizontal	Largo L, en metros	0,98	0,66	3,0
	Ancho b, en metros	0,41	0,41	0,70
	Área libre, rejilla Fe laminado, [m <sup>2</sup> ]	0,22	0,15	0,93
Sumidero Lateral	Largo L, en metros	0,98	---	3,0
	Altura a, en metros	0,1	---	0,1

**Tabla 5.5-8**

Eficiencia de captación

Condición de diseño	Pendiente longitudinal de la calzada	Eficiencia de Sumideros		
1 m en la cuneta	cualquier pendiente longitudinal	0,90	0,80	1,00
Flujo a cuneta llena	< 0,01	0,45	0,40	0,75
	≤ 0,05	0,25	0,20	0,75
	> 0,05	0,10	0,05	0,50

#### 5.5.4.4 Ubicación de sumideros

Los sumideros se ubicarán ya sea solos o formando baterías de sumideros en serie, preferentemente, en la cuneta de las calles y en los lugares donde resulten más efectivos, para lo cual se puede considerar las siguientes recomendaciones:

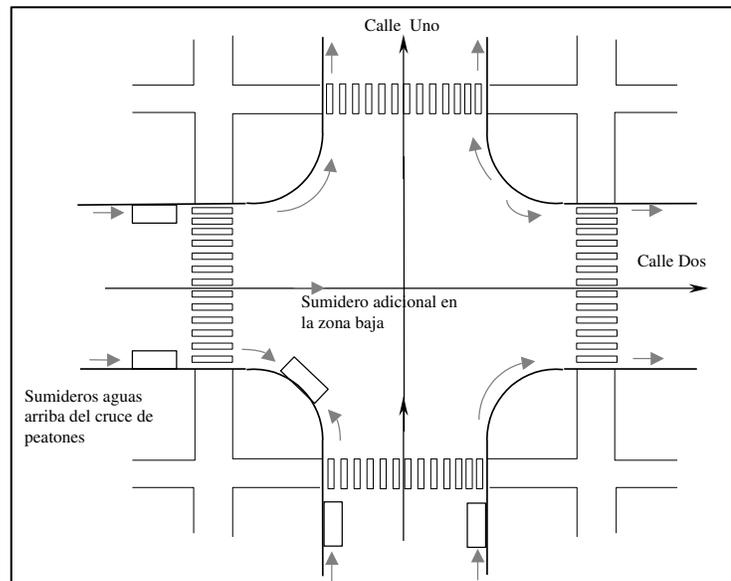
- En las intersecciones entre calles para captar el 100% del flujo que llega por las calles, de manera de evitar que el flujo cruce las calles en las intersecciones. Se ubicarán aguas arriba del cruce de peatones.
- En las partes bajas de las intersecciones de calles, formadas por las cunetas que llegan desde aguas arriba. En lo posible, se tratará de evitar que existan zonas bajas en las que se pueda acumular el agua, favoreciendo siempre el flujo hacia aguas abajo.
- Inmediatamente aguas abajo de secciones en las que se espera recibir una cantidad importante de aguas lluvias, como salidas de estacionamientos, descargas de techos, conexiones de pasajes.
- Siempre que la cantidad acumulada de agua en la cuneta sobrepase la cantidad máxima permitida para condiciones de diseño.
- Se prohíbe la colocación de sumideros atravesados transversalmente en las calzadas.
- Para conectar los sumideros a la red se preferirá hacerlo en las cámaras. En estos casos el tubo de conexión llegará a la cámara con su fondo sobre la clave del colector que sale de la cámara.
- Cuando sea necesario conectar un sumidero directamente al colector la conexión debe hacerse por la parte superior de este último. El tubo de conexión debe ser recto, sin cambio de diámetro, pendiente ni orientación. El ángulo de conexión entre el tubo y el colector debe ser tal que entregue con una componente hacia aguas abajo del flujo en el colector. Para este empalme podrá emplearse piezas especiales.

- Los sumideros también se podrán conectar directamente a otros elementos de la red secundaria, como pozos, zanjas, estanques o lagunas.

#### 5.5.4.5 Intersección de calles

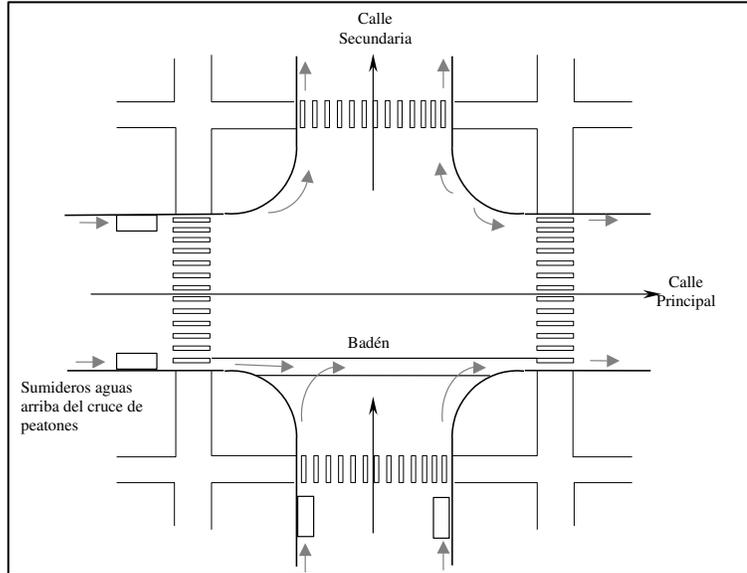
Para el diseño de intersecciones mantener los siguientes criterios:

- En las intersecciones de calles debe evitarse que el flujo de cualquiera de las cunetas cruce transversalmente la otra calle.
- En ningún caso el flujo de la calle de menor importancia debe cruzar la calle principal.
- Si es necesario que el flujo a la calle principal cruce la calle secundaria debe proveerse de un badén.
- Evitar que se formen zonas bajas, facilitando el drenaje hacia aguas abajo.



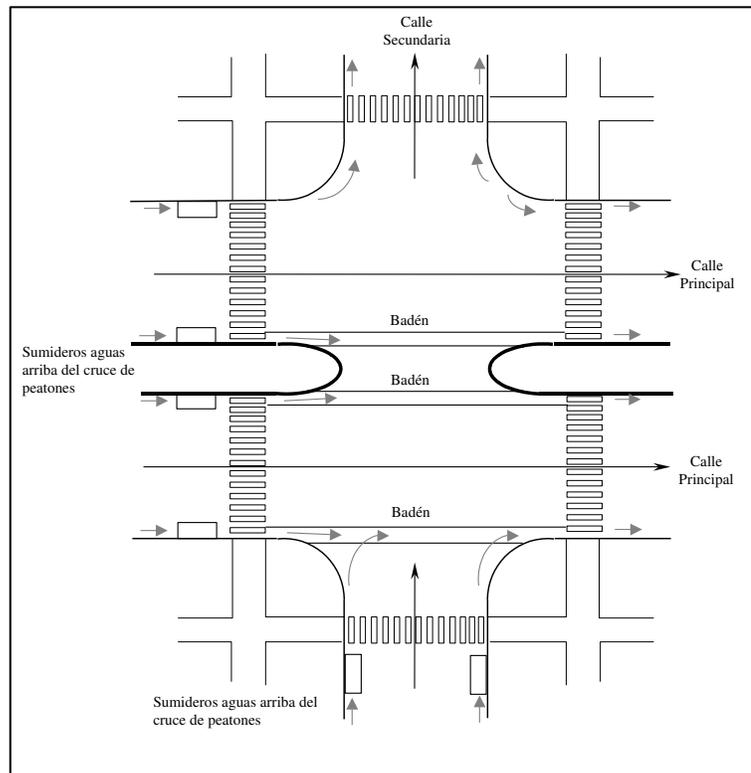
**Figura 5.5-21**

Sumideros en cruce de calles de igual importancia sin supresión de los coronamientos. Las flechas indican la dirección del flujo de aguas lluvias y la pendiente principal de la calzada



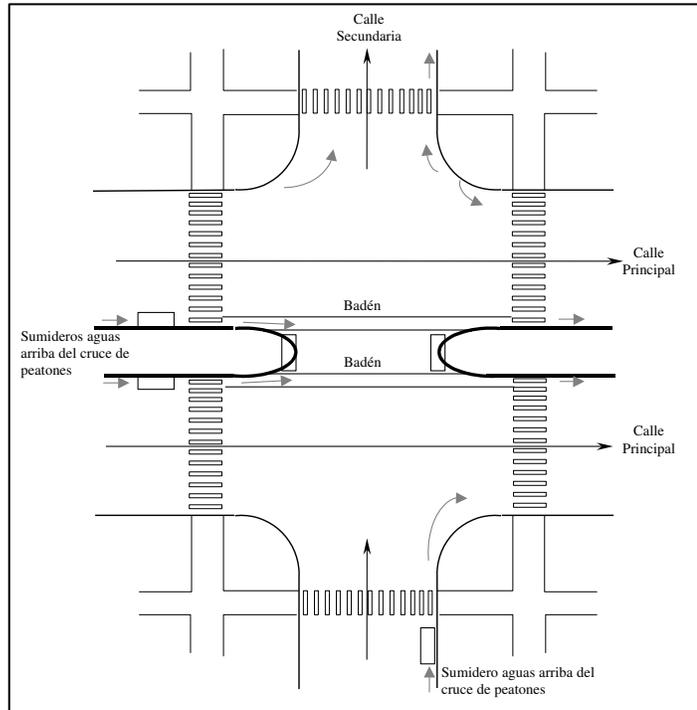
**Figura 5.5-22**

Sumideros en cruce de calle de distinta importancia en el cual se suprime el coronamiento de la calle secundaria. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada



**Figura 5.5-23**

Sumideros en cruce de calle con bandejón central para calzada con cunetas a ambos lados. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada



**Figura 5.5-24**

Sumideros en cruce de calle con bandejón central para calzada con cunetas a un solo lado de la calzada en el bandejón central. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada

#### 5.5.4.6 Cruce Peatonal

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, las aguas lluvias se deben captar aguas arriba de los cruces peatonales garantizando que éstas no ingresen e inunden los dispositivos de rodados dispuestos en dichos cruces. Para tales efectos pueden ser utilizados sumideros mixtos, laterales y cualquier propuesta o tecnología que deberá ser aprobada por el revisor Serviu.

#### 5.5.4.7 Ciclovías

Para el diseño de ciclovías, en lo relacionado al escurrimiento superficial de aguas lluvias, mantener los siguientes criterios:

- Las pendientes transversales y longitudinales de las ciclovías deben garantizar que no existan punto bajos de inundación.
- Los sumideros, sus rejillas, o cualquier sistema de captación no deben obstruir o dificultar el correcto tránsito.
- El ancho de inundación para una tormenta de diseño de T=2 años, no debe ser mayor a 1.2m

### 5.5.5 Colectores

La red secundaria de un sistema de aguas lluvias está formada por diversos elementos para la captación, retención, almacenamiento, conducción y entrega de las aguas generadas en la urbanización. Los elementos de conducción normalmente reciben el nombre de colectores y pueden ser superficiales o subterráneos.

Tradicionalmente se han empleado colectores subterráneos ya que permiten emplear el suelo para otros usos, lo que facilita la urbanización de sectores de alta densidad o con pocas áreas verdes. Además pueden conducir aguas lluvias y aguas servidas simultáneamente, de manera que en los sistemas unitarios esta es la única alternativa urbanamente aceptable. Sin embargo, dado que los sistemas de aguas lluvias se utilizan solo esporádicamente en días de lluvia, y las urbanizaciones deben disponer de sectores de áreas verdes, es posible utilizar colectores superficiales, con diseños especiales para sectores urbanos que pueden resultar significativamente más económicos y adecuados para la urbanización si se diseñan correctamente.

#### 5.5.5.1 Colectores subterráneos

Los colectores secundarios son un sistema de conducción continuo, que capta las aguas lluvias, las almacenan y las transportan hacia aguas abajo hasta descargar a sistemas receptores.

Estos colectores subterráneos funcionan por gravedad, en el cual los flujos tienden a ir por el fondo de la sección, en flujo abierto, con presión atmosférica. En el caso de condiciones de flujo máximo operan habitualmente con un 80% a 90% de la altura total, dejando un pequeño espacio en la parte superior para el aire.

El sistema de conducción de aguas lluvias de la red secundaria está formado por tuberías y cámaras de inspección, que reciben el agua desde los sumideros y la conducen hacia un punto de entrega, además, facilitan la mantención y limpieza del sistema. Por otro lado, los tubos de los colectores son generalmente circulares prefabricados de materiales como mortero de cemento comprimido, fibrocemento, PVC, HDPE y otros materiales autorizados. Pueden considerarse otros tipos de sección y construidos en terreno de acuerdo a las condiciones de proyecto y los costos involucrados.

Estos colectores se piensan para operar de manera automática con caudales muy variables, desde flujos nulos en épocas secas, hasta grandes caudales en crecidas esporádicas y poco frecuentes. En este caso, debido al carácter cerrado y por lo tanto, limitado de la superficie transversal de los colectores subterráneos, su capacidad máxima está limitada a la de diseño, ya que para caudales mayores entran en presión y corren el peligro de desbordar a la superficie.

#### **Condiciones hidráulicas**

Para las condiciones de diseño los colectores secundarios funcionarán con escurrimiento libre. Por lo general los colectores de la red secundaria son de sección circular. Para ello el diámetro de los tubos se selecciona de manera que para el caudal máximo de diseño la altura de agua sea igual o menor que 0,8 veces el diámetro  $D$ . Si la altura de agua es igual a  $0,8D$ , la velocidad media del flujo,  $V$ , y el gasto,  $Q$ , están relacionados con el diámetro del tubo, la pendiente longitudinal y el coeficiente de rugosidad del material mediante las siguientes relaciones, basadas en la ecuación de Manning para flujo uniforme:

$$V = 0,45 \frac{D^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

$$Q = 0,30 \frac{D^{8/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

Donde:

- $V$  Velocidad media del flujo [m/s]
- $Q$  Gasto [m3/s]
- $I$  Pendiente de fondo del tubo [m/m] (adimensional)
- $D$  Diámetro interior del tubo [m]
- $n$  Coeficiente de rugosidad de Manning, según Tabla 5.5-9

**Tabla 5.5-9**

Coeficiente de rugosidad de Manning

Tipo de superficie	Coeficiente n
Tubos de plástico	0,011
Tubos de fibrocemento	0,012
Tubos de mortero comprimido	0,013

Adicionalmente se adoptarán las siguientes condiciones para tubos de colectores de la red secundaria:

- El diámetro mínimo de los colectores debe ser 400 [mm].
- La velocidad máxima del escurrimiento no debe sobrepasar 4 [m/s] para tuberías de mortero comprimido y los 6 [m/s] para tuberías de PVC o similares.
- La velocidad mínima del escurrimiento no debe ser inferior a 0,9 [m/s] para las condiciones de diseño. Para ello deberá adoptarse la pendiente de fondo correspondiente para los tubos. En el caso de tramos iniciales (antes de la primera cámara) la velocidad no debe ser inferior a 0,6 [m/s].
- Se podrán diseñar obras especiales y tramos en presión, como sifones invertidos, si el proyecto lo requiere. En este caso se deben tomar las medidas para evitar embanques, y lograr una adecuada operación y mantención.

**Cámaras de Inspección**

La red de colectores subterráneos se completará con cámaras de inspección, las que se colocarán con criterios similares a los establecidos para una red de alcantarillado de aguas servidas. Estas cámaras son indispensables para la correcta operación y mantención de los colectores subterráneos.

El diseño de las cámaras será de acuerdo a la Norma Chilena NCh1623 Of80, la que define dimensiones para Cámaras Tipo a y Cámaras Tipo b, según la profundidad total. Las tapas también se dimensionarán de acuerdo a esta norma.

Las cámaras se colocarán de manera de asegurar que los tubos entre ellas sean siempre rectos y uniformes. Para ello obligadamente debe considerarse una cámara al menos en las siguientes situaciones:

- Al inicio de la red
- Cuando corresponda cambio de diámetro en el colector
- Cuando corresponda un cambio de pendiente del colector
- Cuando se requiera un cambio de orientación o dirección o nivel del colector
- Cuando corresponda cambio del material del tubo
- Cuando se necesite intercalar una caída o cambio de nivel brusco del tubo
- Cuando confluyan dos o más colectores
- En tramos rectos entre 50 a 120 metros como máximo
- Intersecciones de calles

Una misma cámara podrá utilizarse para una o más de las funciones indicadas.

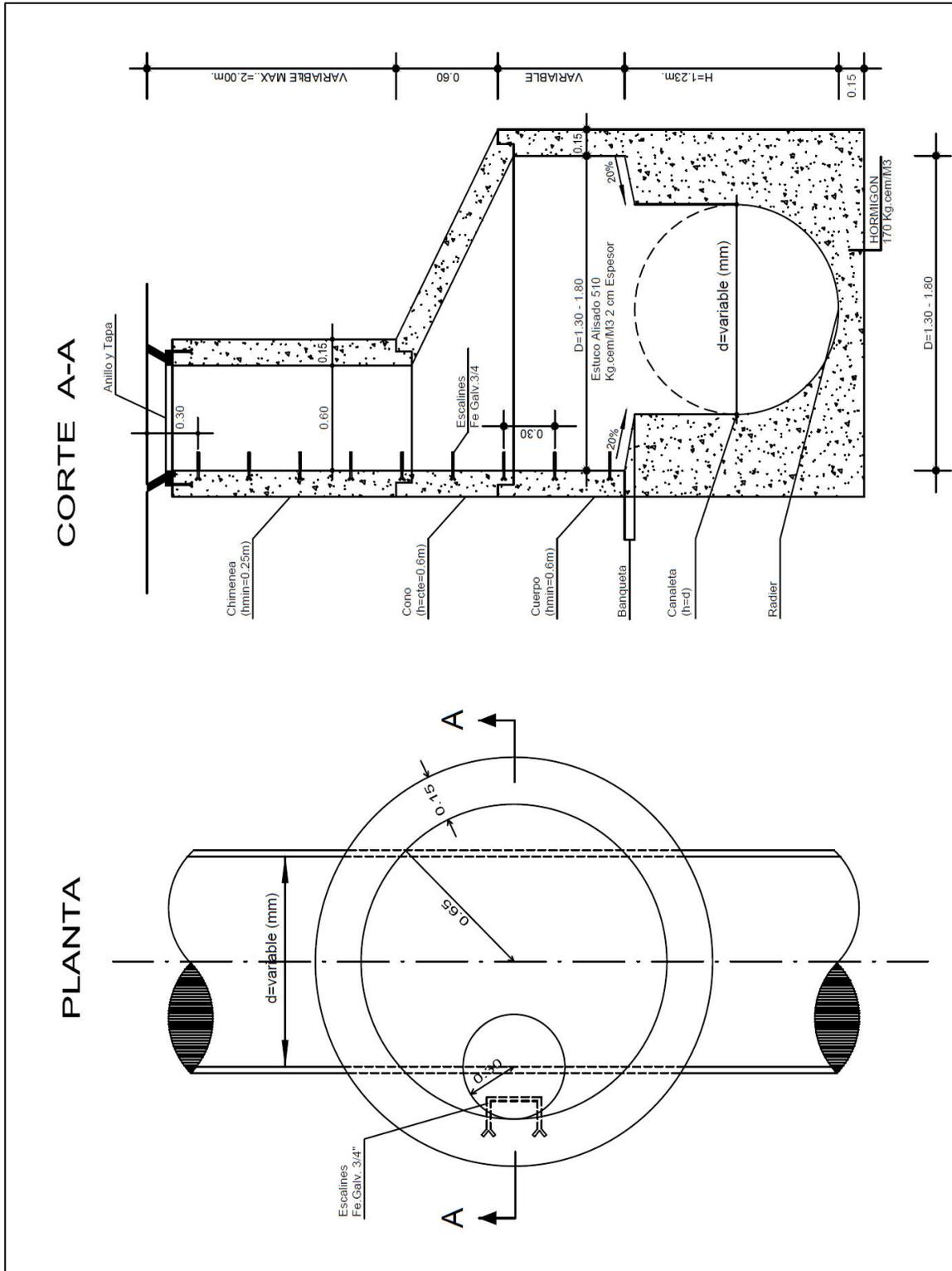
Las cámaras de inspección pueden ser prefabricadas, construidas en hormigón u otros materiales. Además, independiente de su forma o tipo, tienen los siguientes componentes típicos definidos según la norma antes mencionada:

- **Cuerpo:** Parte principal de la cámara. Se ubica a la altura del colector y permite realizar los trabajos de mantención y limpieza. Puede ser de sección circular o rectangular en planta, o de acuerdo a las disponibilidades de espacio y características del colector si este es de dimensiones importantes.
- **Radier:** El fondo del cuerpo tiene un radier en el cual se ubica las canaletas de conexión de los colectores. Para cámaras y colectores de pequeño diámetro este radier puede ser una losa prefabricada. Para colectores de mayor diámetro se construye en el lugar.
- **Canaletas:** Canalización del colector en el interior de la cámara. Su propósito es disponer de un conducto suave, continuo para el flujo y eliminar innecesaria turbulencia en la cámara. Para ello tiene la misma sección inferior que el colector y está abierta por arriba con los lados verticales hasta completar la altura igual al diámetro del colector. El nivel de los tubos de entrada y salida debe ser tal que la parte superior del tubo de salida quede al nivel de la parte superior del tubo de entrada menos la pérdida de energía que se produzca en la cámara. Notar que esto significa que los tubos se nivelan por la parte superior y no por el fondo. Si son de diferente diámetro la canaleta tendrá un fondo inclinado para unirlos.
- **Banqueta:** Parte del radier que rodea la o las canaletas. Normalmente es un plano inclinado con pendiente de 20% desde la periferia del cuerpo hacia la canaleta.
- **Chimenea:** Para el acceso desde la superficie se dispone una chimenea, en general de menor sección que el cuerpo. El diámetro mínimo libre interior de esta pieza es de 0,6 [m].

Para cámaras de la red primaria de drenaje se recomienda emplear una chimenea de diámetro mínimo 0,8 [m]. En general la chimenea tiene una pared recta para facilitar el acceso.

- **Cono:** Permite unir la chimenea con el cuerpo de la cámara. Se trata de un cono excéntrico con uno de sus paredes vertical para facilitar la colocación de una escalera o los escalines.
- **Conjunto anillo tapa:** Es para el cierre de la cámara en su parte superior. La tapa debe ser del tipo calzada, de manera que permita el paso de vehículos sobre ella. Para la red de drenaje se recomienda este tipo de tapas aunque el acceso se ubique sobre la vereda.
- **Escalines y bastones o barandas:** Son de acero galvanizado o protegidos contra la oxidación, se adosan a las paredes de la chimenea y el cuerpo para facilitar el acceso. En algunos casos se puede no colocar escalines y el personal de mantención emplea sus propias escaleras. Esto puede justificarse para evitar el peligro de escalines dañados para restringir el acceso.

A continuación Figura 5.5-25 se muestra una cámara de inspección tipo a, con los elementos previamente descritos:



**Figura 5.5-25**  
Detalle Cámara Tipo a

**Tipos de Cámaras de Inspección**

Existen tres tipos de cámaras: tipo a, tipo b y especiales, las que se seleccionan de acuerdo al mayor diámetro de los colectores involucrados y a la profundidad total entre el nivel del Radier y la calzada.

- **Cámaras de Inspección tipo a:** conformada por chimenea, cono, cuerpo, radier, tapa y escalines. Utilizada en lugares públicos con posibilidad de tránsito de vehículos sobre ella (en calzadas, estacionamientos, pasajes, patios de carga, incluso veredas). Constituida de hormigón armado o también pueden ser prefabricadas.
- **Cámaras de Inspección tipo b:** solo se conforma de cuerpo, además disponen de una losa en la parte superior, donde se pone la tapa. El uso está limitado según profundidades menores dependiendo del diámetro del colector. También existen cámaras prefabricadas pero constituidas de albañilería.
- **Cámaras de Inspección Especiales:** estas cámaras se utilizan cuando no pueden emplearse las cámaras anteriores, y se adoptan cuando la altura disponible entre el radier de la canaleta y la altura de la calzada es menor a 0.9 [m].

En el caso de usar cámaras de inspección prefabricadas, del tipo empleadas en redes públicas de alcantarillados, ellas deben ser dimensionadas según la Norma Chilena NCh 1623.

**Tabla 5.5-10**

Dimensiones para Cámaras

Diámetros		Banqueta K	Cámara		
Canaleta	Cuerpo		Tipo A	Tipo B	
			m	m	
mm	mm	mm	Desde H	Desde H	Hasta H
175	1.30	29	1.74	1.14	1.73
200	1.30	31	1.76	1.16	1.75
250	1.30	36	1.81	1.21	1.80
300	1.30	40	1.85	1.25	1.84
350	1.30	45	1.90	1.30	1.89
400	1.30	49	1.94	1.34	1.93
450	1.30	54	1.99	1.39	1.98
500	1.30	58	2.03	1.43	2.02
550	1.80	68	2.13	1.53	2.12
600	1.80	72	2.17	1.57	2.16
650	1.80	77	2.22	1.62	2.21
700	1.80	81	2.26	1.66	2.25
800	1.80	90	2.35	1.75	2.34
900	1.80	99	2.44	1.84	2.43
1000	1.80	100	2.53	1.93	2.52

### **Radieres**

El tipo de radier está definido según la solución que se desea lograr, ya sea en el inicio del colector, en el final del colector, o en el transcurso de él, comprendiendo cruces, desniveles y curvas.

El tipo de radier indica dirección, sentido de escurrimiento y la intersección con otra red.

Para identificar las cámaras primero se asigna una letra correspondiente al tipo de cámara, seguida de un número perteneciente al tipo de radier, por ejemplo: a-1, a-2, b-1, b-2, etc.

Para los proyectos de aguas lluvias se utilizan los mismos 52 tipos de radier definidos para las redes de aguas servidas, los que se muestran en la Figura 5.5-26 y Figura 5.5-27, a continuación:

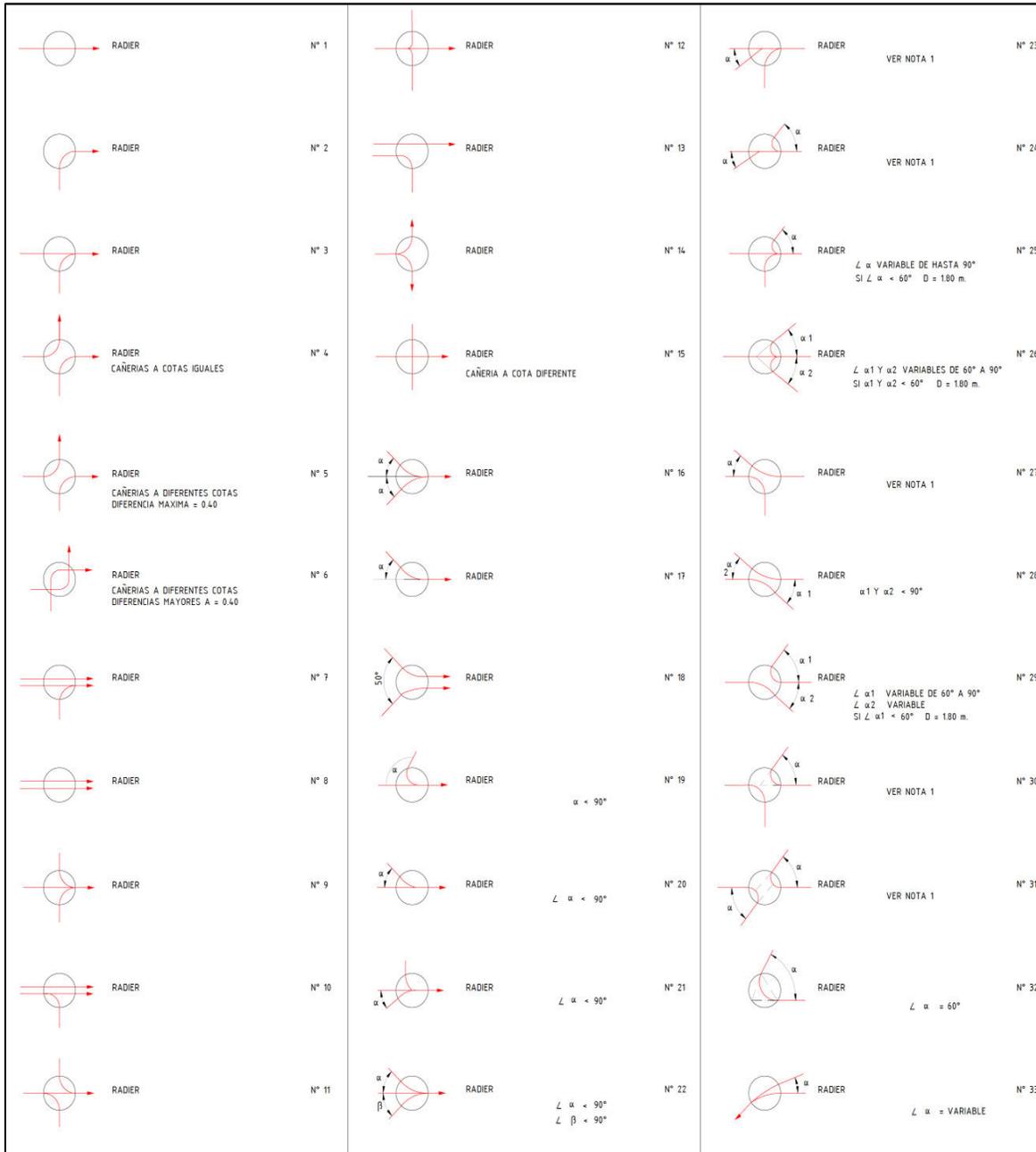
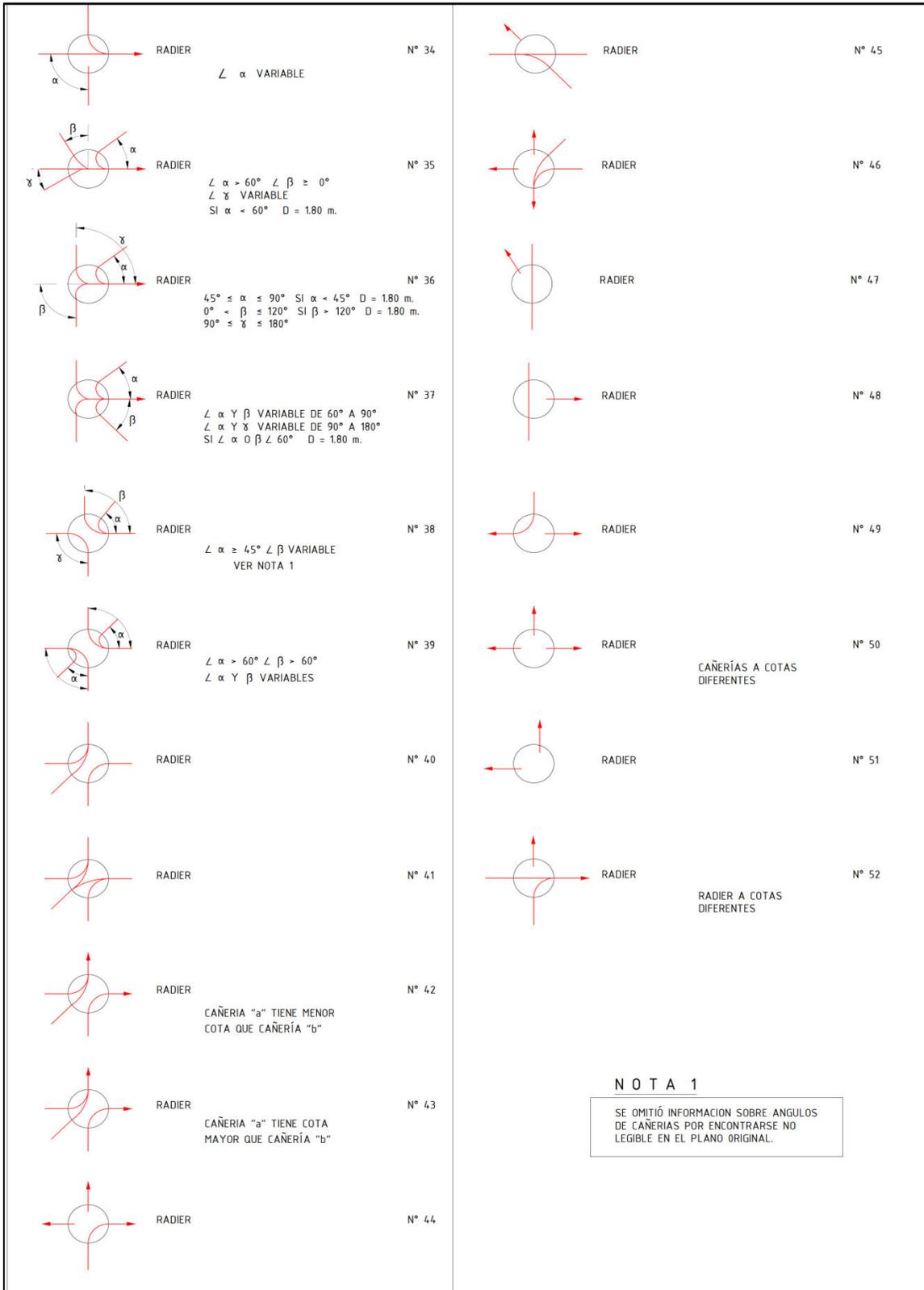


Figura 5.5-26  
Tipos de radier (parte 1)



NOTA 1

SE OMITIÓ INFORMACIÓN SOBRE ANGULOS DE CAÑERÍAS POR ENCONTRARSE NO LEGIBLE EN EL PLANO ORIGINAL.

Figura 5.5-27  
Tipos de radier (parte 2)

### 5.5.5.2 Colectores superficiales

El proyectista debe considerar la conservación y/o mejoramiento de los cauces naturales que se encuentren al interior del área de desarrollo. En las nuevas urbanizaciones puede incorporar estos cauces a la urbanización con un diseño adecuado, considerando que en general los cauces abiertos presentan mayores capacidades de conducción que los cerrados cuando son superadas las capacidades de diseño. Sin embargo se debe tener cuidado con la utilización de canales de riego para el drenaje de aguas lluvias ya que ellos han sido diseñados con otros criterios y es muy difícil que se adapten para estos fines.

#### **Utilización de cauces naturales**

Para mantener los cauces naturales y utilizarlos como parte de la red de drenaje es importante considerar los siguientes aspectos:

- Mantener su trazado original, sin considerar su entubamiento salvo para obras de arte.
- Desarrollar obras para controlar la erosión, evitar la sedimentación y en general mantener estable la sección del cauce natural
- Mantener la operación del cauce con la urbanización igual que cuando se encontraba en condiciones naturales, vale decir que no debe desbordarse o socavar el lecho si es que para lluvias similares no se presentaban dichas fallas en condiciones naturales
- La urbanización puede requerir un aumento en la capacidad del cauce, para lo cual este debe estar provisto de zonas de inundación para crecidas mayores (T = 100 años o similar), las que se deben diseñar como áreas verdes con taludes tendidos, de al menos 5:1 (H:V), considerando que cuando no funcionen como zona inundable sean áreas públicas para usos recreacionales o de paisajismo

## Canales de drenaje de aguas lluvias

También se pueden diseñar canales artificiales de drenaje de aguas lluvias, los que deben considerar su utilización para otros fines cuando no hay crecidas, así como la protección de la erosión.

En las Figura 5.5-28, Figura 5.5-29, Figura 5.5-30 y Figura 5.5-31 se presentan algunos ejemplos de canales de drenaje que conducen aguas lluvias urbanas.



**Figura 5.5-28**

Canal de drenaje urbano en un área verde, con taludes tendidos



**Figura 5.5-29**

Canal de drenaje de aguas lluvias con protección de erosión para flujos más habituales



**Figura 5.5-30**

Canal de drenaje urbano con protección para erosión y caída para disipación de energía



**Figura 5.5-31**

Canal de pasto

Tanto para los cauces naturales urbanos, como para los colectores abiertos, debe considerarse un diseño adecuado para controlar la erosión y mantener estable la sección. Esto puede requerir incorporar caídas y disipadores de energía también de diseño especial.

### **Control de la erosión en los cauces naturales**

Para el diseño de colectores abiertos y el mejoramiento y mantención de cauces naturales, debe considerarse el control de la erosión en el diseño.

En este tipo de obras, el control de la erosión se basa principalmente en la disminución de la velocidad del escurrimiento y el control de la altura de agua. Para esto, el proyectista debe considerar lo siguiente:

- Utilizar taludes tendidos mínimo 5:1 (H:V), para aumentar el área de la sección, evitar la erosión y facilitar la mantención

- Ocupar el espacio disponible para aumentar el ancho superficial del escurrimiento, de manera de disminuir la altura
- Utilizar pendiente longitudinal baja, controlando la cota con caídas y disipadores de energía incorporados con beneficios paisajísticos a la urbanización
- Verificar el cumplimiento de restricción de velocidad máxima del flujo
- Utilizar enrocado o algún tipo de material o elemento que controle la erosión, sobretodo en la zona por donde fluye el agua con caudales altos

En la Tabla 5.5-11 se especifican algunas restricciones para controlar la erosión en las condiciones de flujo máximo, con crecidas del orden de T = 100 años.

**Tabla 5.5-11**

Restricciones para controlar la erosión en condiciones de flujo máximo para T=100 años

<b>Propiedad</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>Altura de agua (m)</b>	1,5
<b>Pendiente de fondo (%)</b>	0,6
<b>Número de Froude</b>	
Cubierta sin vegetación	0,3
Cubierta de pastos naturales	0,3
Cubierta de pastos de jardín	0,6
<b>Velocidad (m/s)</b>	
Cubierta sin vegetación	0,7
Cubierta de pastos naturales	0,9
Cubierta de pastos de jardín	1,5

### 5.5.6 Plantas elevadoras

Las estaciones de bombeo son sistemas electromecánicos cuyo propósito es elevar el nivel energético de un fluido. En lo que respecta al saneamiento urbano, las plantas elevadoras son utilizadas principalmente cuando la topografía del lugar a sanear no permite implementar una solución gravitacional para evacuar las aguas recolectadas, como por ejemplo en pasos bajo nivel.

Una planta elevadora puede poseer una configuración de una o más bombas, en serie o paralelo, actuando simultáneamente o disponiendo de unidades de reserva. Las unidades de reserva son aquellas que entran en operación ante la posible falla en una de las bombas.

En general, las plantas elevadoras de aguas lluvias son diseñadas considerando un volumen de almacenamiento, para así, evitar que las bombas trabajen a su máxima capacidad durante tiempos prolongados.

Existen dos tipos básicos de estaciones de bombeo, con pozo húmedo y con pozo seco. La elección del sistema debe considerar varios aspectos, tanto económicos como técnicos. Para mayores detalles referentes al diseño de plantas elevadoras, consultar el Manual de Drenaje urbano de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

## 5.6 TIPOS DE PROYECTOS Y SUS REQUERIMIENTOS

### 5.6.1 Requerimientos mínimos de los proyectos

Para que un proyecto de aguas lluvias sea concebido como tal, debe presentar un mínimo de documentos que permitan facilitar la lectura del resultado final. Los documentos mínimos, son:

#### Proyecto de Aguas Lluvias

Documentos:

- Memoria Técnica de Aguas Lluvias
- Especificaciones Técnicas de Aguas Lluvias
- Presupuesto
- Itemizado
- Otros documentos

Planos:

- Planta de Áreas Aportantes
- Planta Proyecto Aguas Lluvias
- Perfiles Longitudinales
- Perfiles Transversales
- Detalles
- Cuadros de Resumen

#### 5.6.1.1 Memoria Técnica de Aguas Lluvias

La memoria técnica debe ser un documento que plasme el estudio, el diseño, verificaciones y cualquier cálculo que permita llegar al resultado final. Debido a lo anterior, debe ser desarrollado por un Ingeniero Civil del área de la construcción. Los Tópicos que debe abordar son:

- **Descripción, Generalidades, Contexto:** Es la parte inicial del estudio en donde se introduce a la problemática del asunto, y el contexto histórico y/o territorial. Se puede presentar una cronología de eventos, tales como inundaciones que han afectado al lugar de estudio. Debe ser incluido todo tipo de información, mapas, registros fotográficos que permitan a quien lee por primera vez, hacerse una idea general de la situación. Es importante la síntesis, y si se posee registros descriptivos más amplios, quizás sea oportuno dejarlo en un anexo.
- **Objetivos:** Se debe describir o explicar cuál es el objetivo del estudio, es decir, a qué nivel de ingeniería se desea llegar y que tipo de resultados se presentarán.
- **Marco Reglamentario y Antecedentes:** Se dan a conocer las normas y antecedentes bibliográficos que rigen el diseño. Además, se debe hacer referencia a estudios

topográficos, mecánicas de suelo, estudios de impacto ambiental y cualquier estudio complementario que haya sido considerado en el diseño.

- **Caracterización Hidrológica:** Se debe describir el procedimiento con el cual se obtienen los parámetros más importantes que caracterizan la lluvia de diseño, a saber: Precipitación, Períodos de Retornos utilizados, duraciones de tormenta, curvas IDF, hietogramas, etc.
- **Caracterización de las cuencas o áreas aportantes:** Mostrar los parámetros que caracterizan a cada área aportante o cuenca, desde el punto de vista del diseño. Los parámetros variarán según el método de lluvia-escorrentía que se utilice y deben estar en completa concordancia con lo que se muestre en la planta de áreas aportantes.
- **Método de lluvia-escorrentía:** Se debe presentar y describir como se aplica el método lluvia-escorrentía utilizado en el proyecto. Es importante una buena elección en el método a utilizar, según el grado de exactitud o de realismo que se quiera alcanzar al representar fenómenos de la naturaleza. Un método más exacto puede significar más tiempo de diseño y cálculo para el proyectista. En general, para proyectos privados o públicos pero con áreas aportantes no tan grandes (menores a 50 Ha) se utiliza el Método Racional.

Sin embargo, para proyectos con áreas aportantes grandes o proyectos de gran relevancia, es importante utilizar métodos más exactos. Es especialmente necesario utilizar programas de simulación computacional, cuando se desea realizar una evaluación social mediante la metodología de proyectos de aguas lluvias de MIDESO, ya que ésta exige plantearse en distintos escenarios de períodos de retorno, duración de tormentas y con lluvias de intensidad variable en el tiempo, lo cual genera una gran cantidad de datos a procesar que sólo este tipo de programas puede facilitar.

- **Verificaciones y Resultados:** Se presentarán resúmenes de resultados del diseño, tales como tablas de resumen de cámaras, sumideros, tuberías, zanjas de infiltración, etc. Es recomendable que como los cálculos relacionados con este tipo de proyectos genera muchos valores y datos (caracterización hidrológica, caracterización de áreas aportantes, los métodos lluvia-escorrentía y verificaciones), puedan ser presentados en anexos, y en el cuerpo de la memoria sólo los más relevantes o resúmenes de éstos.

### 5.6.1.2 Especificaciones Técnicas de Aguas Lluvias

Las especificaciones técnicas deben presentar un estándar técnico mínimo correspondiente al que se presenta en esta norma. Sin embargo, el proyectista puede presentar mejoras o añadir otros ítems que sean necesarios en el proyecto, los cuales serán revisados por el departamento de Serviu correspondiente.

### 5.6.1.3 Presupuesto, Itemizado

Deberá ajustarse al formato que exija el departamento correspondiente. En algunos casos puede ser necesario o exigible un análisis de precios unitarios, para detallar las consideraciones tomadas en tales ítems. Para proyectos presentados en la Unidad de Revisión e Inspección de Pavimentos Particulares, será exigible presentar el presupuesto ajustado a los formatos de dicha unidad y utilizando los precios tipo que este manual presenta.

#### 5.6.1.4 Planos

Todos los planos deben tener la viñeta del departamento correspondiente y una planta de ubicación. Además, hay ciertos formatos en cuanto a tipos de letras, colores y grosores de líneas que deben ajustarse al estándar definido. Referente a su contenido, los requerimientos mínimos son:

##### **Planta de Áreas Aportantes**

Es una planta que debe mostrar las áreas aportantes utilizadas en el diseño de colectores, zanjas, sumideros y otro tipo de obras. Según la complejidad del proyecto y favoreciendo la legibilidad de la información quizás sea necesario presentar la misma información en distintas plantas y así mostrar las áreas aportantes según el tipo de obra que se está diseñando. Un buen análisis de áreas, que luego se plasme en dicha planta, debería permitir diferenciar áreas permeables de las que no lo son. Además, es importante incluir cuadros de resumen y cualquier tipo de ayuda gráfica que permita entender la subdivisión de áreas y el sentido de escurrimiento que se utiliza en el cálculo, tales como, flechas de sentido del escurrimiento, nodos, áreas coloreadas, etc.

En proyectos grandes, cuyas áreas o cuencas aportantes involucran varias hectáreas, se hace necesario incluir el contexto territorial en el cual está situado. Por lo tanto, se debe mostrar una extensión de territorio mayor a la involucrada en el proyecto y en donde se visualicen calles, plazas, sectores industriales, curvas de nivel, etc. De esa forma, se puede visualizar en que área definida en el Plan Maestro está situado el proyecto y su contexto.

##### **Planta Proyecto de Aguas Lluvias**

En esta planta se muestra lo existente, lo proyectado y lo que se demuele. Además, se muestran trazados de agua potable, alcantarillado y gas que son los servicios que por lo general pueden tener interferencias con las obras proyectadas. Otros servicios con sus trazados se deben mostrar si existiera la posibilidad de tener interferencias o cercanía a sus tuberías y cámaras.

Por lo general, la escala utilizada es de 1:500 y en algunos casos de proyectos que no abarcan grandes sectores se podría utilizar una escala 1:250. La simbología se debe adecuar a la vigente por Serviu.

Se deben visualizar claramente las obras proyectadas y el sentido de escurrimiento en tuberías y en la superficie de las calles. Las cámaras, cámaras especiales, sumideros, zanjas de infiltración y cualquier tipo de obra deben estar correctamente numeradas y caracterizadas con sus parámetros de diseño.

##### **Perfiles Longitudinales**

Los perfiles longitudinales por lo general se presentan en escala horizontal 1:500 y vertical 1:50, es decir, la escala vertical aumentada 10 veces respecto a la horizontal. Debido a esto, si los trazados de colectores en planta se extienden en forma recta, puede ser conveniente mostrar el perfil longitudinal correspondiente a ese tramo en planta, en la misma lámina.

La información que se debe mostrar en los perfiles es la siguiente:

- En el dibujo: Tuberías con sus grosores y pendientes, refuerzos de tuberías, cámaras y profundidades de cámaras. Cruces e interferencias de servicios, eje de calles que cruzan, espesores en el pavimento proyectado y cualquier tipo de obra que se cruce con el trazado en planta del colector.
- En la parte superior: Numeración de cámaras, simbología del tipo de radier, código del radier, título del perfil indicando el tramo que abarca y las escalas utilizadas.
- En la parte inferior, guitarra de información: Distancias parciales, distancias acumuladas, cotas de terreno existente, rasante proyectada, cotas de radier, largo de tubería, pendiente, materialidad, caudales, velocidad de escurrimiento, movimiento de tierra.

### **Perfiles transversales**

Los perfiles transversales permiten visualizar interferencias y paralelismos de servicios. Según los requerimientos propios de cada proyecto, será la cantidad de perfiles transversales. En algunos casos podría ser necesario tener perfiles cada 20m longitudinales y en otros casos bastaría con un perfil por cada cuadra.

La información que se debe mostrar en los perfiles es la siguiente:

- En el dibujo: Perfil transversal que abarque la faja pública (de línea oficial a línea oficial). Se deben ver tuberías del colector proyectado, tuberías de otros servicios, refuerzos de tuberías, anchos de calzada, aceras, veredas, espesores de pavimentos, eje del perfil, distancias de tuberías respecto a alguna referencia de interés, cotas de radier de tuberías.
- En la parte superior: Título del perfil, escalas utilizadas.
- En la parte inferior: Distancias parciales y acumuladas respecto al eje del perfil, cotas de rasante de los pavimentos.

### **Detalles Constructivos**

Es importante que las obras estén bien detalladas, incluso métodos constructivos. Los detalles constructivos deben estar de acuerdo a los vigentes por Serviu y en algunos tipos de obras será necesario que el proyectista los desarrolle.

### **Cuadros de Resumen**

Los cuadros de resumen son necesarios porque facilitan la lectura de los planos y por lo tanto de la ejecución. Como concepto general, se deben hacer cuadros de resumen de todo tipo de obras que se puedan numerar y definir parámetros importantes en su diseño y ejecución.

La información que se debe mostrar en los perfiles es la siguiente:

- Cuadros de Resumen de Cámaras: Numeración de la cámara, tipo de cámara, tipo de radier, altura, cota de rasante, cotas de radier entrada y salida, diámetro del cuerpo, mayor diámetro de canaleta, escalines, banqueta.
- Cuadros de Resumen de Tuberías: Largo, diámetro, pendiente, materialidad, cámara de inicio y término.

- Cuadros de Sumideros: Numeración, tipo de sumidero. Respecto a la conexión al colector su largo, diámetro, pendiente, refuerzo.
- Cuadros de Resumen de Sistemas de infiltración: Cámaras decantadoras, dimensiones de la zanja, etc.

<b>6.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>6.2. GENERALIDADES</b>	<b>6</b>
<b>6.2.1. PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b>	<b>6</b>
6.2.1.1. Profesional de terreno	6
6.2.1.2. Personal	6
<b>6.2.2. EQUIPOS TOPOGRÁFICOS</b>	<b>7</b>
6.2.2.1. Nivel	7
6.2.2.2. Teodolito y Taquímetro	7
6.2.2.3. Estaciones Totales	7
<b>6.2.3. EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS</b>	<b>8</b>
6.2.3.1. Equipos Geodésicos	8
6.2.3.2. Equipos Cartográficos	8
6.2.3.3. Equipos de Navegación	9
<b>6.2.4. SOFTWARE Y APLICACIONES TOPOGRÁFICAS</b>	<b>9</b>
<b>6.2.5. ACCESORIOS</b>	<b>10</b>
<b>6.2.6. PLANIFICACIÓN</b>	<b>10</b>
6.2.6.1. Personal e Instrumental	10
6.2.6.2. Metodología de Trabajo	11
<b>6.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)</b>	<b>12</b>
<b>6.3.1. GENERALIDADES</b>	<b>12</b>
<b>6.3.2. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>6.3.3. RECEPTORES Y SOFTWARES GNSS</b>	<b>13</b>
6.3.3.1. Receptores	13
6.3.3.2. Software GNSS	13
<b>6.3.4. TÉCNICAS DE MEDICIÓN</b>	<b>14</b>
6.3.4.1. Estática	14
6.3.4.2. Estático-Rápido	14
6.3.4.3. Cinemática Post-Proceso (PPK)	14
6.3.4.4. Cinemática Tiempo Real (RTK)	14
<b>6.3.5. EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS</b>	<b>15</b>
<b>6.4. SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES</b>	<b>17</b>
<b>6.4.1. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)</b>	<b>17</b>
<b>6.4.2. Proyección Local Transversal Mercator (LTM)</b>	<b>18</b>
<b>6.4.3. Plano Topográfico Local (PTL)</b>	<b>19</b>
6.4.3.1. Proyectos con Financiamiento Público	19
6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado	20

6.4.3.3. Parámetros de Transformación	21
<b>6.5. REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>22</b>
<b>6.5.1. REFERENCIA PLANIMÉTRICA</b>	<b>22</b>
6.5.1.1. Vinculación SIRGAS	22
6.5.1.1.1 Vinculación GNSS	22
6.5.1.1.2 Vinculación Mediante Topografía Clásica	22
6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)	22
6.5.1.2.1 Medición Poligonal Principal GNSS	23
6.5.1.2.2 Procesamiento de archivos GNSS	25
6.5.1.2.3 Registro de Terreno (bitácora)	25
6.5.1.2.4 Registros GNSS	25
6.5.1.2.5 Registro Post-procesamiento Método Estático	26
6.5.1.2.6 Entrega de Archivos y Registros	26
6.5.1.2.7 Resumen de Procedimientos para Referenciación Planimétrica	27
6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica (PPC)	27
<b>6.5.2. REFERENCIA ALTIMÉTRICA</b>	<b>28</b>
6.5.2.1. Red de Vértices con Referencia Altimétrica	28
6.5.2.2. Métodos de Medición	28
6.5.2.2.1 Nivelación Simple Cerrada	29
6.5.2.2.2 Nivelación con doble posición instrumental	29
6.5.2.2.3 Nivelación Trigonométrica	29
6.5.2.3. Tolerancia	29
6.5.2.4. Compensación	29
6.5.2.5. Registro para Red Altimétrica	30
<b>6.5.3. FORMATOS DE ENTREGA</b>	<b>30</b>
<b>6.6. SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)</b>	<b>31</b>
<b>6.6.1. TIPOS DE POLIGONALES</b>	<b>31</b>
<b>6.6.2. PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES</b>	<b>31</b>
6.6.2.1. Poligonal Primaria	31
6.6.2.2. Poligonal Auxiliar	32
6.6.2.3. Formatos de Entrega para el STC	33
<b>6.6.3. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS</b>	<b>33</b>
<b>6.6.4. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS</b>	<b>36</b>
Soluciones con Post-Proceso	36
<b>6.6.5. DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES</b>	<b>36</b>
<b>6.6.6. IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES</b>	<b>37</b>
<b>6.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>38</b>

<b>6.7.1. LEVANTAMIENTOS COORDENADOS</b>	<b>38</b>
6.7.1.1. Consideraciones	38
6.7.1.2. Tolerancias	38
6.7.1.3. Levantamientos con Estación Total	39
6.7.1.4. Levantamientos GNSS	39
<b>6.7.2. LEVANTAMIENTOS AEROFOTGRAMÉTRICO</b>	<b>40</b>
6.7.2.1. Obtención de Fotografías	40
6.7.2.2. Georreferenciación de Imágenes Aéreas	41
6.7.2.3. Apoyo Terrestre	41
6.7.2.4. Restitución Fotogramétrica	41
6.7.2.5. Tolerancias	42
6.7.2.6. Residuales	42
6.7.2.7. Vértices de Apoyo	42
<b>6.7.3. LEVANTAMIENTO MEDIANTE LASER TRANSPORTADO</b>	<b>42</b>
6.7.3.1. Láser Aéreo	43
<b>6.7.4. PERFILES TOPOGRÁFICOS</b>	<b>44</b>
6.7.4.1. Perfil Longitudinal	44
6.7.4.2. Perfil Transversal	45
<b>6.8. CATASTROS</b>	<b>46</b>
<b>6.8.1. CATASTROS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>46</b>
<b>6.8.2. CATASTROS INDEPENDIENTES</b>	<b>46</b>
<b>6.8.3. DATOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>46</b>
<b>6.9. REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD</b>	<b>48</b>
<b>6.9.1. EXIGENCIAS PARA EL REPLANTEO Y TRAZADO DEL DISEÑO VIAL</b>	<b>48</b>
6.9.1.1. Etapa 1: Obras Previas	48
6.9.1.2. Etapa 2: Obras de Pavimentación	48
<b>6.9.2. REPLANTEO DESDE EL STC</b>	<b>49</b>
6.9.2.1. Replanteo con Estación Total	49
6.9.2.2. Replanteo con Instrumental GNSS	49
<b>6.10. ENTREGAS</b>	<b>51</b>
<b>6.10.1. INFORME PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS</b>	<b>51</b>
<b>6.10.2. INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO</b>	<b>52</b>
<b>6.10.3. PLANOS</b>	<b>54</b>
<b>6.11. EXIGENCIAS SEGÚN TIPO DE INGRESO</b>	<b>55</b>
<b>6.11.1. Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares</b>	<b>55</b>
6.11.1.1.1 Procedimiento Topográfico para Proyectos	55

6.11.1.1.2 Procedimiento Topográfico para Obras	57
<b>6.11. ANEXOS</b>	<b>58</b>
<b>6.11.1. MONOGRAFÍA</b>	<b>58</b>
<b>6.11.2. MONUMENTACIÓN</b>	<b>59</b>

## 6.1. INTRODUCCIÓN

Es probable que los principales aportes técnicos a la planificación urbana y regional en los últimos 35 años haya sido la incorporación de sistemas de información geográfico y los avances técnicos de la geodesia, vale decir la medición de las dimensiones del globo terráqueo y la materia existente en el espacio urbano y regional y su representación en variadas formas de cartografía.

Considerando que los diferentes proyectos urbanos, sean éstas pavimentaciones, equipamientos, parques urbanos, loteos habitacionales u otros, guardan una estrecha relación espacial y funcional con las redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias, agua potable y de servicios en general, los que utilizan el mismo espacio o bien público, es que resulta conveniente adoptar en el desarrollo de todos los proyectos urbanos, un sistema único de referencia derivado del Sistema de Coordenada UTM.

Tal sistema, unitario en su referencia, hace posible relacionar espacialmente los proyectos y así, aprovechar sus complementariedades, obteniendo intervenciones y proyectos urbanos más eficientes (a menor costo). Dado que el Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana, tiene por función administrar todas las obras de pavimentación de calzadas y aceras de la región, sea las relativas a nuevas urbanizaciones, o aquellas derivadas por el interés de una empresa concesionaria de algún servicio público (electricidad, agua potable, gas, telecomunicaciones, etc.), de mejorar o ampliar sus redes (Rotura y Reposición de Pavimentos) y que en atención a ello, convergen en SERVIU un sinnúmero de proyectos privados de intervención urbana y otros asociados a mejoramientos urbanos, financiados sectorialmente, regionalmente o localmente (Municipios), es que este Servicio ha elaborado una red de puntos georreferenciados a coordenadas UTM, que permiten referenciar los diversos proyectos de intervención urbana que se ejecutan en el territorio regional.

## 6.2. GENERALIDADES

### 6.2.1. PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Los trabajos de mensura deberán ser realizados y supervisados por personal capacitado y competente. Dicho personal deberá certificar con un título técnico y/o profesional de un establecimiento educacional reconocido por el estado. No se aceptarán trabajos realizados por prácticos en topografía.

Se solicitará el personal técnico capacitado para la ejecución de las obras, el cual deberá tener dedicación exclusiva durante el tiempo en que se realicen los trabajos topográficos. El requerimiento del personal variará dependiendo de las especificaciones técnicas de cada trabajo, así como de su exigencia, los cuales se clasificarán:

#### 6.2.1.1. Profesional de terreno

**Profesión:** Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura. Titulado.

**Experiencia:** A lo menos tres años en ejecución de trabajos topográficos y levantamientos georreferenciados. Experiencia acreditada en estudios o proyectos similares.

El profesional de terreno será el responsable de analizar y revisar la metodología de trabajo a implementar y de certificar el buen funcionamiento de los equipos y software. Además, será responsable de los informes técnicos que se soliciten en razón del avance del proyecto.

#### 6.2.1.2. Personal

**Profesión:** Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura o Técnico Topógrafo. Titulado.

**Experiencia:** A lo menos dos años en ejecución de trabajos topográficos y experiencia acreditada en estudios o proyectos similares. En casos especiales, cuando el estudio o proyecto así lo amerite, se podrá exigir mayor cantidad de años de experiencia, la cual se solicitará expresamente en las bases del proyecto.

No se aceptarán técnicos en topografía como responsables en caso de utilizar tecnología GNSS.

El personal será responsable de los informes técnicos que se soliciten en razón del avance del proyecto, únicamente cuando las especificaciones técnicas del proyecto así lo detallen.

El Consultor deberá presentar, la nómina completa del personal profesional que destinará para la ejecución del trabajo topográfico y que cumple con los requisitos anteriores. Deberá agregar, además, el correspondiente Currículum Vitae y título o certificado de título de cada profesional.

En el caso de que se sub-contrate la totalidad o parcialidad del trabajo topográfico, el consultor deberá informar al encargado del proyecto indicando el grado de participación de este en la elaboración del estudio, adjuntando los requerimientos exigidos para los profesionales del estudio topográfico. Cualquier cambio del personal por parte del consultor de topografía o del subcontratista durante el transcurso de los trabajos se deberá informar y estará sujeto a la aprobación del encargado del proyecto.

El encargado del proyecto tiene la facultad de rechazar u objetar a la empresa, equipo y/o personal topográfico partícipe del estudio, en base a los antecedentes profesionales que figuren en el Servicio.

### 6.2.2. EQUIPOS TOPOGRÁFICOS

Se exigirá la utilización de determinados equipos e instrumentos topográficos para la ejecución de las diversas topografías que el servicio solicite y fiscalice.

#### 6.2.2.1. Nivel

El nivel es un equipo de medición topográfica que se basa en mediciones horizontales y se utiliza para el traslado y obtención de cotas geométricas.

Se aceptarán los siguientes tipos de Nivel para la ejecución de los trabajos topográficos:

- Nivel con placa paralela y/o micrométrica.
- Nivel Automático.
- Nivel con tornillo de trabajo (nivelaciones de alta precisión).
- Nivel electrónico de lectura por código de barras.

#### 6.2.2.2. Teodolito y Taquímetro

**Teodolito:** Debe ser consultado su uso previamente al encargado de la inspección correspondiente. Dependiendo de la precisión angular que el instrumento pueda lograr, podrá ser utilizado en mediciones angulares para poligonales primarias y auxiliares. No podrá ser utilizado para la medición de levantamientos topográficos o nivelaciones geométricas.

**Taquímetro:** Debe ser consultado su uso previamente al encargado de la inspección correspondiente. Dependiendo de la precisión angular que el instrumento pueda lograr, podrá ser utilizado en mediciones angulares para poligonales auxiliares. No podrá ser utilizado para la medición de poligonales primarias, cuadriláteros, trilateraciones, levantamientos topográficos o nivelaciones geométricas.

Lectura directa en equipos mecánicos: 20 cc

Lectura directa en equipos electrónicos: 20 cc

Precisión angular en equipos electrónicos: 20 cc

#### 6.2.2.3. Estaciones Totales

La estación total es un equipo de medición angular y distancias mediante un diodo infrarrojo o dispositivo laser.

Se aceptarán únicamente estaciones totales que cuenten con almacenamiento en su colector interna de la información obtenida en terreno.

Precisión angular: 10 cc

Precisión lineal: 5mm ± 5ppm

### 6.2.3. EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS

Se exigirá la utilización de determinados equipos e instrumentos para la ejecución y desarrollo de las diversas topografías que el servicio solicite y fiscalice.

#### 6.2.3.1. Equipos Geodésicos

Están constituidos por un receptor y una antena, los cuales captan las señales emitidas por los satélites. Estos equipos traducen la señal recibida obteniendo la posición sobre la superficie terrestre bajo diversos parámetros matemáticos. Los equipos geodésicos pueden ser de Simple Frecuencia o Doble Frecuencia, y serán utilizados para las siguientes aplicaciones:

Determinar vértices de poligonales

Levantamientos, conservando la precisión exigida para los diversos trabajos topográficos solicitados y fiscalizados.

Los requerimientos a cumplir para este tipo de instrumental serán:

**Instrumental Doble Frecuencia:** Instrumentos que captan la fase portadora de la señal emitida por los satélites, en las frecuencias denominadas L1 y L2. Se exigirá como mínimo 8 satélites de medición continua. Las precisiones mínimas requeridas basándose en el método diferencial relativo serán:

Mediciones Estáticas con post-proceso: Horizontal: 1 cm  $\pm$  1 ppm.

Vertical: 2 cm  $\pm$  2 ppm

Mediciones cinemáticas con post-proceso: Horizontal: 2 cm  $\pm$  2 ppm.

Vertical: 3 cm  $\pm$  2 ppm

Mediciones tiempo real (RTK): Horizontal: 2 cm  $\pm$  2 ppm.

Vertical: 3 cm  $\pm$  2 ppm

**Instrumental Simple frecuencia:** Captan la fase portadora de la señal emitida por los satélites, pero únicamente en la frecuencia L1. Se exigirá como mínimo 12 satélites de medición continua. Las precisiones mínimas requeridas basándose en el método diferencial relativo serán:

Mediciones Estáticas con post-proceso: Horizontal: 1 cm  $\pm$  1 ppm.

Vertical: 2 cm  $\pm$  2 ppm

No se aceptarán mediciones cinemáticas ni en tiempo real (RTK) realizadas con instrumental de Simple frecuencia.

#### 6.2.3.2. Equipos Cartográficos

Son equipos que logran precisiones menores a las indicadas para los equipos Geodésicos y captan el código (secuencia binaria) de la señal y algunos equipos la fase portadora, la finalidad de estos equipos es la de levantar información para usos cartográficos (1:5000, 1:10000). Se permitirá el uso de estos equipos para las siguientes aplicaciones:

- Levantar información para la confección de planos temáticos e informativos.
- Levantar información para ser ingresada y almacenada en el Sistema de Información Geográfica, según lo solicite la Sección de Georreferenciación.

Las precisiones mínimas requeridas para estos equipos serán:

- Procesamiento de código: Horizontal: < 1 m.  
Vertical: < 2 m.
- Procesamiento de fase portadora: Se considerarán tiempos similares a las de mediciones estáticas para lograr precisiones menores a 10 cm dependiendo de la proximidad entre la Base y el Rover, es por ello, que la precisión dependerá directamente del tiempo de captura de señal estable, la cantidad de satélites y la geometría de los mismos en el segmento espacial.

Precisión horizontal: 40 cm ± 5 ppm

5 minutos de recepción de señal estable.

Un mínimo de 6 satélites.

Índice PDOP máximo 5.

Precisión Vertical: 1 m ± 5 ppm

### **6.2.3.3. Equipos de Navegación**

Son equipos cuya principal utilidad es la de entregar al usuario su posición aproximada, pudiendo alcanzar precisiones de 10 m o menor. Se permitirá el uso de estos equipos para las siguientes aplicaciones:

Determinación de coordenadas para reconocimiento o catastro (previa autorización de la Sección de Georreferenciación)

Determinación de coordenadas para presentación de solicitudes de actos administrativos, por ejemplo: Para la solicitud de certificados de vértices geodésicos, se deberá –entre otras alternativas– indicar las coordenadas aproximadas del proyecto a ejecutar, con la finalidad de entregar el certificado de los vértices más cercanos al emplazamiento.

### **6.2.4. SOFTWARE Y APLICACIONES TOPOGRÁFICAS**

El software GPS, topográfico y de dibujo utilizado en el estudio deberá especificar lo siguiente:

- Nombre del Software.
- Versión del Software.
- Participación del software en el estudio.

Cualquier software a utilizar deberá contar con alternativas de exportación a formatos de visualización universales según corresponda: RINEX, DWG, SHP, etc.

No se revisará el correcto funcionamiento de planillas Excel personales, sin perjuicio de lo anterior, se aceptarán cálculos topográficos realizados en dichas planillas contrarrestando sus valores con los obtenidos por la Sección de Georreferenciación.

#### **6.2.5. ACCESORIOS**

- Huincha metálica: Mediciones de precisión y acotación de obras existentes.
- Huincha fibra de vidrio: Amarre de puntos referenciados.
- Navegador GPS: Receptores con capacidad para recibir sólo el código C/A.
- Brújula: Medición de Norte Magnético.
- Barómetro: Medición de presión para correcciones atmosféricas del distanciómetro.
- Termómetro: Medición de temperatura para correcciones atmosféricas del distanciómetro.
- Plomo: Para medición de profundidad de agua en canales, colectores, etc.

De indicarse, prevalecerán las precisiones del equipo exigidas en las bases del proyecto.

#### **6.2.6. PLANIFICACIÓN**

Se exigirá, antes del inicio del estudio topográfico, antecedentes del personal, instrumental y metodología de trabajo a utilizar en la realización del proyecto, según las siguientes características:

##### **6.2.6.1. Personal e Instrumental**

Se exigirá, antes del inicio del estudio, los antecedentes del personal e instrumentación a utilizar en la realización del proyecto.

Los antecedentes que se deben informar son los siguientes:

- La nómina completa del personal profesional que se destinará para la ejecución del trabajo topográfico.
- Currículum Vitae del personal.
- Certificados de título del personal.
- Certificado de calibración de los instrumentos a utilizar en el estudio emitido por un servicio técnico oficial, dicho certificado no debe tener fecha mayor a 6 meses de iniciado los trabajos en terreno.

El inspector del proyecto podrá rechazar o suspender cualquier trabajo realizado con personal o instrumentación no calificada. La falta u omisión de cualquiera de estas exigencias, aplicará en la sanción, además de la re-medición y re-procesamiento de los datos correspondientes.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

### 6.2.6.2. Metodología de Trabajo

Antes de iniciar los trabajos topográficos y en compañía de lo exigido en el Capítulo 6.2.6.1. Personal e Instrumental, el consultor deberá entregar al Revisor del proyecto, el cual posteriormente entregará a la Sección de Georreferenciación para su revisión, el informe con la metodología y planificación de los trabajos topográficos a realizar, según lo establecido en el Capítulo 6.10 ENTREGAS:

- La metodología debe ser clara y concisa, técnicamente apoyada en las exigencias establecidas en el presente manual.
- La planificación debe ir apoyada por una Carta Gantt en donde se detallen todas las actividades a realizar en terreno y los tiempos correspondientes, por ejemplo: reconocimiento del terreno, monumentación de la poligonal, georreferenciación GNSS, nivelación, medición de poligonal, levantamientos, cálculos de poligonales y puntos GNSS, dibujo de planos, etc.
- Con respaldo de un .KML o un .KMZ indicar la ubicación de los vértices de la poligonal PPG, vinculación y sesiones de medición (vectores) a realizar en el estudio.
- Justificar e informar referencia de vinculación altimétrica para el estudio.
- En caso de realizar un levantamiento aerofotogramétrico, adjuntar documentación y planificación correspondiente.
- En caso de realizar un levantamiento laser transportado, adjuntar documentación y planificación correspondiente.

Lo solicitado debe ser firmado y respaldado por el Encargado de la etapa de topografía, establecido en el Capítulo 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

La Sección de georreferenciación deberá aceptar, rechazar u objetar la metodología de trabajo del Consultor, con la finalidad de asegurar el correcto desarrollo y aplicación de las normativas. El Consultor no podrá comenzar con el desarrollo topográfico si es que no subsana y/o es aceptada su metodología de trabajo.

La Sección de Georreferenciación deberá dar respuesta en un plazo no mayor a 3 días de entregado los antecedentes.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

### 6.3.1. GENERALIDADES

El Sistema Global de Navegación por Satélite, en adelante GNSS, es una agrupación de constelaciones de satélites que orbitan alrededor de la Tierra y transmiten rangos de señales, las cuales permiten el posicionamiento de un punto sobre la superficie terrestre. Estas constelaciones están conformadas por los sistemas de navegación GPS, GLONASS y recientemente Galileo.

El sistema de posicionamiento por Satélites, permitirá, entre otras cosas, obtener la posición de un determinado punto en el espacio, esta posición vendrá dada bajo diversas precisiones, las cuales responderán directamente al receptor y metodología de medición utilizada.

### 6.3.2. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Los aspectos que influyen en la correcta obtención de coordenadas para un vértice a través de observaciones GNSS son: efemérides (posición de cada satélite), la calidad del mensaje de navegación, la procedencia y confiabilidad de las coordenadas del vértice de referencia utilizado, el tipo de posicionamiento y características del equipo utilizado.

Los dos métodos utilizados para el posicionamiento GPS son los siguientes:

- Posicionamiento absoluto
- Posicionamiento Relativo o Diferencial

Las medidas en código y fase son afectadas por errores sistemáticos y ruidos aleatorios, la precisión del posicionamiento absoluto está directamente relacionada a estos errores y ruidos y como los sistemas de hardware y software resuelven o consideran estas diferencias en las mediciones. Los errores sistemáticos presentes en las mediciones se clasifican en: errores relativos al satélite, errores relativos a la propagación de la señal y errores relativos al receptor.

**Tabla 1**  
Fuentes de error

Elemento	Fuente de Error.
Satélite	Errores en el oscilador.
	Errores o variaciones en los parámetros orbitales.
Propagación de la señal	Refracción ionosférica.
	Refracción troposférica.
	Disponibilidad selectiva (S/A).
	Pérdidas en ciclos.
	Multipath. Ondas reflejadas.
Receptor	Errores en el oscilador.
	Errores en las coordenadas del punto de referencia.
	Error en el estacionamiento del instrumento.
	Error en la manipulación del equipo.
	Variación y desfase del centro de la antena.

Algunos de estos errores sistemáticos pueden ser modelados o eliminados utilizando la combinación de una o dos frecuencias, o bien, utilizando el método de posicionamiento diferencial entre dos o más receptores.

**6.3.3. RECEPTORES Y SOFTWARES GNSS**

**6.3.3.1. Receptores**

Los receptores son los encargados de decodificar y procesar las señales emitidas por los satélites, con la finalidad de obtener la posición del punto de recepción. Se recomienda el uso de equipos de doble frecuencia por su precisión.

A continuación, se presenta un cuadro resumen en donde se detalla las exigencias establecidas por el Servicio, según el tipo de receptor, forma de medición y el tipo de trabajo que se requiera:

**Tabla 2**

Mediciones clasificadas por tipo de receptor

<b>Tipo de Receptor</b>	<b>Forma de Medición</b>	<b>Tipo de trabajo</b>
Doble Frecuencia	Post-proceso	Densificación de vértices para poligonales, traslado de coordenadas, Apoyo en terreno o puntos de control para restituciones fotogramétricas, actualizaciones cartográficas.
Doble Frecuencia	Tiempo Real (RTK)	Levantamientos topográficos, replanteos planimétricos, se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.
Simple frecuencia	Post-proceso	Actualización de cartografía, se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.
Sólo Código	Absoluto	Reconocimiento, apoyo en ubicación para solicitudes administrativas. Se acepta sólo para trabajos con precisiones inferiores a 10 m. Se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.

**6.3.3.2. Software GNSS**

La información almacenada por los receptores es procesada por software de post-procesamiento, los cuales, mediante valores estadísticos calcula las coordenadas y precisiones de los vértices observados mediante el posicionamiento diferencial o relativo.

En el informe técnico, se deberá detallar e informar el software de post-procesamiento utilizado, su versión y los indicadores estadísticos de los vértices y la red (poligonal) procesada.

#### 6.3.4. TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Las técnicas de medición del posicionamiento relativo más utilizadas y aceptadas por la Sección de Georreferenciación son las siguientes:

##### 6.3.4.1. Estática

Se requieren dos o más receptores en los vértices que se requieran posicionar, estos receptores deberán compartir lapsos de tiempos determinados con la finalidad de establecer las variables de posición en base a la información almacenada en los receptores.

Con esta técnica, se pueden lograr presiones al milímetro del vector de distancia, esta precisión está directamente relacionada al tiempo de medición en común, a la distancia entre los dos vértices, los tipos de receptores y la disposición de los satélites disponibles (DOP).

Se aceptará su aplicación en:

- Generación de redes geodésicas de precisión.

##### 6.3.4.2. Estático-Rápido

Es una técnica derivada de la Estática. Su funcionamiento es parecido a la técnica anterior, con la diferencia que los periodos de medición son más cortos (5 a 20 minutos). Se aceptará esta técnica solamente para equipos doble frecuencia, ya que resuelven las ambigüedades en un menor tiempo.

Se aceptará su aplicación en:

- Densificación de bases geodésicas
- Vértices para poligonales de enlace

##### 6.3.4.3. Cinemática Post-Proceso (PPK)

Esta técnica permite la toma de datos en movimiento o deteniéndose por unos segundos, también conocido como Stop and Go. Esta técnica se utiliza mayoritariamente para puntos de precisión centimétrica, para ello, se debe utilizar un bípode para asegurar su estabilidad, centrado y nivelación de la antena GPS. Para esta técnica, se aceptarán solamente receptores doble frecuencia. El tiempo de medición para la toma de datos varía entre algunos segundos a 3 minutos.

Se aceptará su aplicación en:

- Levantamientos topográficos
- Estaciones topográficas de precisión centimétricas (Bípode)
- Accidentes topográficos
- Deslindes, ríos, canales, huellas, caminos, etc.

##### 6.3.4.4. Cinemática Tiempo Real (RTK)

Esta técnica permite la toma de datos en movimiento, corrigiendo las diferencias y ambigüedades en tiempo real, gracias a la inclusión en receptores de radios, módems y antenas de transmisión que permiten la corrección diferencial desde un equipo BASE con coordenadas conocidas, hacia uno o

varios equipos móviles que se posicionan en diversos puntos. Puede lograr precisiones de centímetros. Para esta técnica, se aceptarán solamente receptores doble frecuencia.

Se aceptará su aplicación en:

- Replanteos
- Levantamientos topográficos (Según especificaciones del proyecto).
- Estaciones topográficas de precisión centimétricas.
- Accidentes topográficos

**6.3.5. EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS**

Con la finalidad de estandarizar y asegurar el correcto posicionamiento de los vértices geodésicos, se detallan exigencias y tolerancias para las observaciones y el procesamiento de las mismas:

**Tabla 3**  
Exigencias y Tolerancias GNSS

Ítem	Exigencia
Fijación de ambigüedades	Se aceptará, para vectores, únicamente solución fija (fixed)
Tolerancia para fijación de ambigüedades	H: 0.01 m ± 5 ppm V: 0.02 m ± 10 ppm o su equivalente, según cada software.
RMS	< 0.02 m
PDOP	< 4
Número de satélites	> 6 satélites
Ángulo de corte	15°
Intervalos de grabación	1 segundo para método estático o estático rápido 1-5 segundos para método cinemático y RTK

Cada software de post-procesamiento utiliza diversos indicadores estadísticos para indicar la calidad de la medición y el ajuste (razón, varianza, desviación horizontal y vertical, residuos, Loop Closure). El consultor deberá indicar en el informe correspondiente, cada uno de estos valores estadísticos, los cuales serán corroborados por el inspector.



## 6.4. SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES

La necesidad de representar la superficie del Sistema de Referencia geodésica (esfera o elipsoide) en una superficie plana se conoce como proyección cartográfica.

El Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana utiliza y exige la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) y las derivadas de la Transversal Mercator (TM) en el Sistema de Referencia SIRGAS (equivalente al WGS84), para ser aplicada en los diversos proyectos y obras que ingresan para su fiscalización.

La posición se expresará mediante coordenadas, las cuales se clasifican en proyecciones cartográficas y sistemas de referencia. Serviu RM aceptará solamente coordenadas expresadas planimétricamente en:

- Proyección Cartográfica (SIG): Universal Transversal Mercator (UTM)
- Proyección para diseño: Local Transversal Mercator (LTM) definido en un Plano Topográfico Local (PTL)

No se aceptarán ni revisarán poligonales y/o levantamientos desarrollados bajo el método de coordenadas mal llamadas *Planas Topográficas con origen en un vértice UTM*. Se deben desarrollar las proyecciones cartográficas tal como se expresan en el presente manual.

### 6.4.1. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)

La proyección Transversal de Mercator, es actualmente la proyección más utilizada a nivel global según la Asociación Internacional de Geodesia y Geofísica. Fue propuesta a finales de la II Guerra Mundial por el A.M.S. de EEUU para aplicaciones militares en toda la Tierra a excepción de las áreas polares con el nombre de Universal Transversal Mercator, en adelante UTM. Para las regiones con latitud geodésica mayor a  $84^\circ$  N o menor de  $80^\circ$  S se recurre a la denominada Proyección Estereográfica Polar, en adelante UPS.

Aunque la proyección UTM sea conforme, el norte cartográfico representado para cada punto no coincide con el norte geodésico, entre la tangente y la transformada meridiana, esta diferencia angular se conoce como convergencia meridiana, la cual no supera los  $5^\circ$ . La proyección UTM no conserva las distancias medidas en la superficie de la Tierra, por lo que se define un coeficiente de anamorfosis.

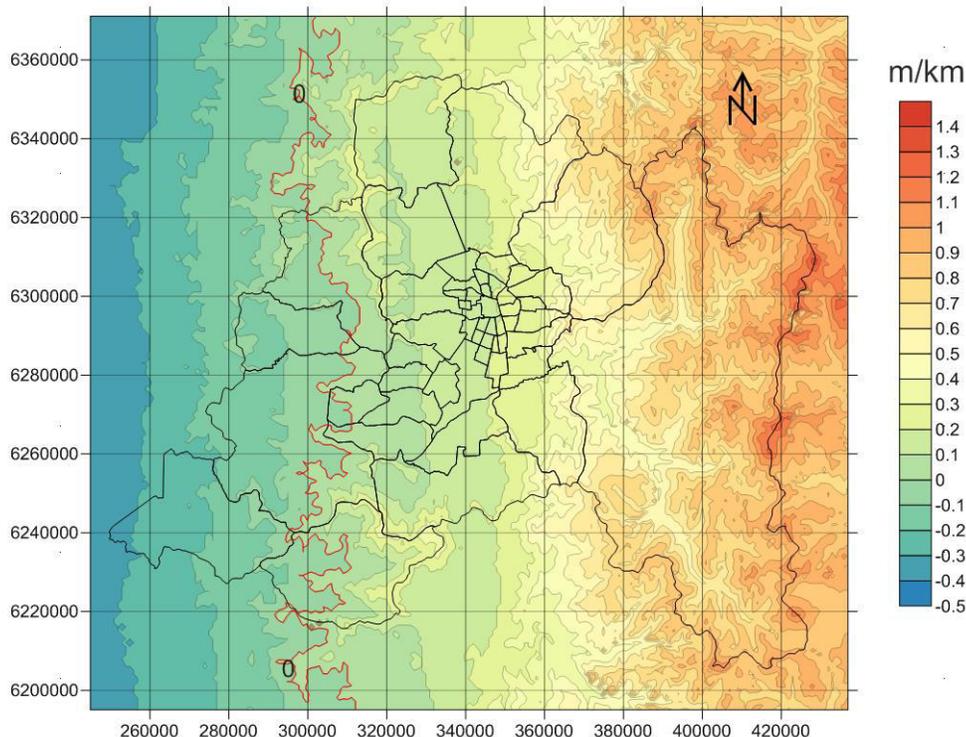
Los parámetros para definir las coordenadas planas en la proyección UTM son los siguientes:

**Tabla 4**  
Parámetros UTM

Parámetros	Valor
Este Falso	500.000 m
Norte Falso	10.000.000 m
Ancho de huso	$6^\circ$
Latitud de origen	$0^\circ$
Factor de Escala (Ko)	0,9996

**Ilustración 1**

Deformación entre distancia UTM y distancia horizontal



Fuente: Tesis: Implementación Y Migración De La Red Geodésica Del Servicio De Vivienda Y Urbanización De La Región Metropolitana Al Sistema De Referencia Sirgas, Universidad de Santiago de Chile

**6.4.2. Proyección Local Transversal Mercator (LTM)**

Para proyectos de ingeniería, donde el área de estudio es mucho menor, se solicita desarrollar una proyección Transversal Mercator (TM) genérica con parámetros mucho más acotados, con la finalidad de atenuar las deformaciones producidas en la proyección UTM –detalladas anteriormente-. Esta proyección se denomina Local Transversal Mercator (LTM) y representa una parte reducida de la superficie terrestre, disminuyendo las deformaciones angulares y distancias.

La proyección LTM tiene una cobertura, a diferencia de la UTM, de  $\frac{1}{2}$  grado a cada lado, tomando como referencia un meridiano central (MC). Considera una cobertura total de 1 grado, aproximadamente 105 kilómetros (norte de Chile), donde logra precisiones en sus extremos del orden de 1:33000 o 0.03 m/km. En la zona central, la longitud tiende a disminuir, 90 kilómetros aproximadamente, logrando precisiones en sus extremos de 1:100000 o 0.01 m/km.

Los parámetros para definir la proyección LTM son los siguientes:

**Tabla 5**  
Parámetros proyección LTM

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Ancho de huso	1°
Meridiano Central Local	Múltiplo 15'

### 6.4.3. Plano Topográfico Local (PTL)

Con la finalidad de unificar los parámetros de aplicación para las proyecciones locales, es que se optó por definir la proyección LTM como un PTL georreferenciado. Se establece para la proyección LTM un meridiano central y una altura (kh), dependiendo de la ubicación del estudio y/o proyecto. Es decir, se define, en directa relación a la altura del proyecto, un factor de escala que permite predefinir las precisiones en un plano topográfico local.

Los PTL se definirán considerando los siguientes aspectos:

#### 6.4.3.1. Proyectos con Financiamiento Público

Para proyectos con financiamiento público, el plano topográfico local se definirá considerando su altura referida al nivel medio del mar, es decir, se debe establecer una altura PTL múltiplo de 100, en directa relación a las alturas presentes en el proyecto.

La altura del PTL que se defina, considerará planos de referencia que responderán a escalas de precisión de 1:20000, es decir, cada 600 m de variación de cotas se debe establecer un nuevo plano topográfico local. La altura del PTL que se defina para el proyecto se debe ubicar al centro de los máximos establecidos.

El factor de escala se calculará según la altura del PTL, definiendo un factor de escala específico. Donde Kh es la componente geodésica que relaciona la superficie terrestre con la superficie del elipsoide, mediante la altura sobre el elipsoide, se compone de la siguiente manera:

$$Kh = \frac{R + h_{PTL}}{R}$$

R= Radio Medio de la Tierra (6378000 m)

$h_{PTL}$ = Altura del plano topográfico local

Con la definición de planos locales, se atenúan las diferencias entre las distancias obtenidas en la superficie terrestre y las distancias proyectadas.

Para poder obtener coordenadas en PTL, se deben utilizar las mismas rutinas y ecuaciones empleadas para los cálculos de la proyección UTM, reemplazando los parámetros constantes. Para definir una proyección LTM aplicado a un PTL georreferenciado, se deben considerar los siguientes parámetros:

Tabla 6

Parámetros generales proyección LTM/PTL

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Ancho de huso	1°
Meridiano Central Local	Múltiplo 15'
Factor de Escala (Kh)	$(R + h_{PTL}) / R$

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### 6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado

Para proyectos con financiamiento privado, la definición del Plano topográfico Local se realizará en razón de la metodología y tecnología a utilizar para la vinculación a los vértices de la Red Geodésica (según se requiera):

#### Tecnología GNSS

Se recomienda la vinculación con tecnología GNSS dada su precisión, rapidez y practicidad en su realización. Se recuerda, que en caso de utilizar esta tecnología, el responsable de la labor topográfica deberá ser un Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura, según lo detallado en el capítulo 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

Para vinculaciones mediante esta tecnología, el plano topográfico local georreferenciado (LTM-PTL) se debe definir según los parámetros establecidos por la Sección de Georreferenciación, los cuales son los siguientes:

Tabla 7

Parámetros específicos proyección LTM/PTL

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Meridiano central	70°45'W
Altura	550 m
Factor de Escala (Kh)	1.000086233929131389150

Se permitirá postular o utilizar otros parámetros para la definición del plano topográfico local en el caso de las zonas alejadas del meridiano central y/o alejada de la altura establecida, lo suficiente para no permitir una proyección dentro de las tolerancias establecidas para el trabajo.

Las coordenadas de los vértices de la vinculación se deben obtener desde la proyección UTM (Red Geodésica SERVIU), para posteriormente definir la proyección local referida a un PTL según lo establecido anteriormente, es decir, se debe conformar una poligonal de vinculación con tecnología

GNSS (según exigencias establecidas), con la finalidad de atenuar las diferencias y errores producidos y asegurar la correcta ejecución del proyecto.

### Topografía Clásica

En el caso de utilizar topografía clásica para la vinculación, el par de vértices iniciales deben ser certificados mediante la Sección de Georreferenciación, los cuales indicarán las coordenadas en el Sistema de Referencia SIRGAS (equivalente al Datum WGS84) y en el sistema de Proyección LTM-PTL.

Se debe considerar para el cálculo de coordenadas y emplazamiento del proyecto, las coordenadas PTL de los vértices SERVIU, las cuales serán certificadas y entregadas por la Sección de Georreferenciación mediante las diferentes plataformas disponibles.

La Sección de Georreferenciación, requerirá los planos de proyecto desarrollados en el sistema de proyección LTM referida a un PTL.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### 6.4.3.3. Parámetros de Transformación

Para aplicaciones cartográficas, se presentan los parámetros de transformación personalizados para referir los proyectos que se encuentren en el Datum SAD69 al Datum WGS84. El tipo de transformación es "Traslación Tridimensional" o Transformación de Molodensky. Para otras aplicaciones se debe consultar su aprobación a la Sección de Georreferenciación de Serviu Metropolitano. Parámetros de transformación para uso exclusivo en la Región Metropolitana.

**Tabla 8**

Parámetros de transformación desde Datum SAD69 a WGS84

Transformación	Parámetros (m)		2 $\sigma$ (95%)
Traslación Tridimensional	$\Delta X$	-70,961	± 0.308 m
	$\Delta Y$	+17,364	
	$\Delta Z$	-18,955	

Fuente: Tesis: Implementación Y Migración De La Red Geodésica Del Servicio De Vivienda Y Urbanización De La Región Metropolitana Al Sistema De Referencia Sirgas, Universidad de Santiago de Chile

## 6.5. REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO

La incorporación de la tecnología GNSS en los diversos proyectos de ingeniería que se desarrollan en la actualidad, ha permitido masificar su aplicación en la topografía y en las diversas áreas que involucra al estudio con la superficie terrestre. Además, ha permitido la referenciación de los proyectos de ingeniería en base a un Sistema y a un Marco de referencia predefinido.

Los proyectos que ingresen a SERVIU RM deberán referirse planimétricamente al Sistema de referencia SIRGAS (equivalente al WGS84), mediante tecnología GNSS o topografía clásica, apoyándose en los vértices geodésicos (Red Geodésica) del Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana, materializados a lo largo de las 52 comunas de la Región.

La referenciación altimétrica del proyecto, deberá referirse al Nivel Medio del Mar mediante los vértices de nivelación de SERVIU RM, pilares de nivelación IGM, vértices de nivelación de Bienes Nacionales (priorizando los vértices de nivelación de Serviu RM). En sectores donde no existan puntos de nivelación cercanos ( $\pm 5$  km), la Sección de Georreferenciación de SERVIU RM podrá determinar alturas referidas a un modelo geoidal que entregará al consultor.

### 6.5.1. REFERENCIA PLANIMÉTRICA

#### 6.5.1.1. Vinculación SIRGAS

Para realizar la vinculación SIRGAS que permitirá vincular la Poligonal Principal del proyecto, estudio u obra con la Red Geodésica de Serviu RM se considerarán las siguientes metodologías:

##### 6.5.1.1.1 Vinculación GNSS

Para vincular la poligonal principal GNSS (PPG) con el sistema de referencia SIRGAS se deberán determinar 3 vectores que vinculen desde el vértice Serviu (Red geodésica) más cercano hacia dos monolitos de la PPG ubicados en los extremos del estudio que formen parte de las LBG (Ilustración 2). Para una correcta ejecución de la vinculación, se considerará una tolerancia del error en la medida de las distancias no superior a la razón 1:500000 o 2ppm.

##### 6.5.1.1.2 Vinculación Mediante Topografía Clásica

Cuando las bases del proyecto así lo indiquen, se podrá realizar la vinculación desde un par de vértices geodésicos de Serviu mediante una poligonal cerrada con topografía clásica (estación total), siempre y cuando se consideren para el cálculo de coordenadas, la proyección al Plano Topográfico Local. Las coordenadas PTL de los vértices iniciales deben ser entregadas y oficializadas por la Sección de Georreferenciación. Se considerará para la poligonal cerrada de vinculación una tolerancia del error de cierre en la medida de las distancias no superior a 1:40000 o 25 ppm y angularmente una tolerancia de cierre de  $10\text{cc} \sqrt{N}$ , donde N es el número de vértices de estaciones.

##### 6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)

Se deberá materializar, en razón de la longitud del proyecto, Líneas Bases GNSS (LBG), las cuales conformarán una poligonal llamada Poligonal Principal GNSS (PPG), esta poligonal principal tiene por objetivo cubrir la totalidad del emplazamiento del proyecto para el posterior poblamiento y control de nuevos vértices.

Los pares de vértices de la LBG deberán ser ubicados en sectores con cielo despejado, que aseguren una correcta cobertura de satélites, sus pares deben ser intervisibles con una separación entre 300 m y 1000 m, tendiendo a lo máximo permitido, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan. La ubicación de estos vértices deben cumplir con los requerimientos básicos de instalación de un punto de referencia, los cuales son; instalación en un lugar que permanezca en el tiempo, que no entorpezca el desplazamiento de personas o vehículos, y asegurar que el lugar de monumentación sea viable para la instalación de trípodes para la medición con estación total u otra instrumentación. Lo detallado anteriormente, debe ser corroborado por el profesional Encargado e incluido en la metodología de trabajo (la ubicación de instalación de las Líneas Bases para la Poligonal Principal debe ser respaldado por un registro fotográfico) para ser aprobado u observado por la Sección de Georreferenciación. Lo anterior deberá ser informado en la etapa de entrega de antecedentes, especificados en el 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

Para los proyectos que tengan una longitud menor a 1500 m, sólo se deberán instalar Líneas Bases al inicio y al final del estudio.

Para los proyectos que tengan una longitud mayor a 1500 m, se deberán instalar Líneas Bases a distancias mayores de 1000 m, considerando Líneas Bases al inicio y al final del estudio.

#### 6.5.1.2.1 Medición Poligonal Principal GNSS

La técnica de medición para la Poligonal Principal GNSS será el método estático. La observable corresponde a la fase de onda portadora, la cual puede alcanzar precisiones milimétricas. Las fases portadoras actuales son llamadas L1, L2 y L5. Se exigirán receptores GNSS de alta precisión, con errores de  $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$  para la composición de esta.

Los vectores de la PPG deben ser observaciones independientes, con el fin de evitar las mismas constantes en cada vector, para ello, se deben planificar sesiones de medición GNSS para conformar cuadriláteros que conecten cada una de las LBG formando figuras cerradas que permitan determinar la calidad del cierre (Ilustración 2). Los tiempos de medición estarán dados por la longitud del vector, sin perjuicio de lo anterior, el encargado podrá determinar –según le geometría de los satélites disponibles- mayor tiempo de medición a lo indicado en la tabla 9. Para una correcta ejecución de los cuadriláteros de la PPG, se considerará una tolerancia del error en la medida de las distancias no superior a la razón 1:250000 o 4ppm.

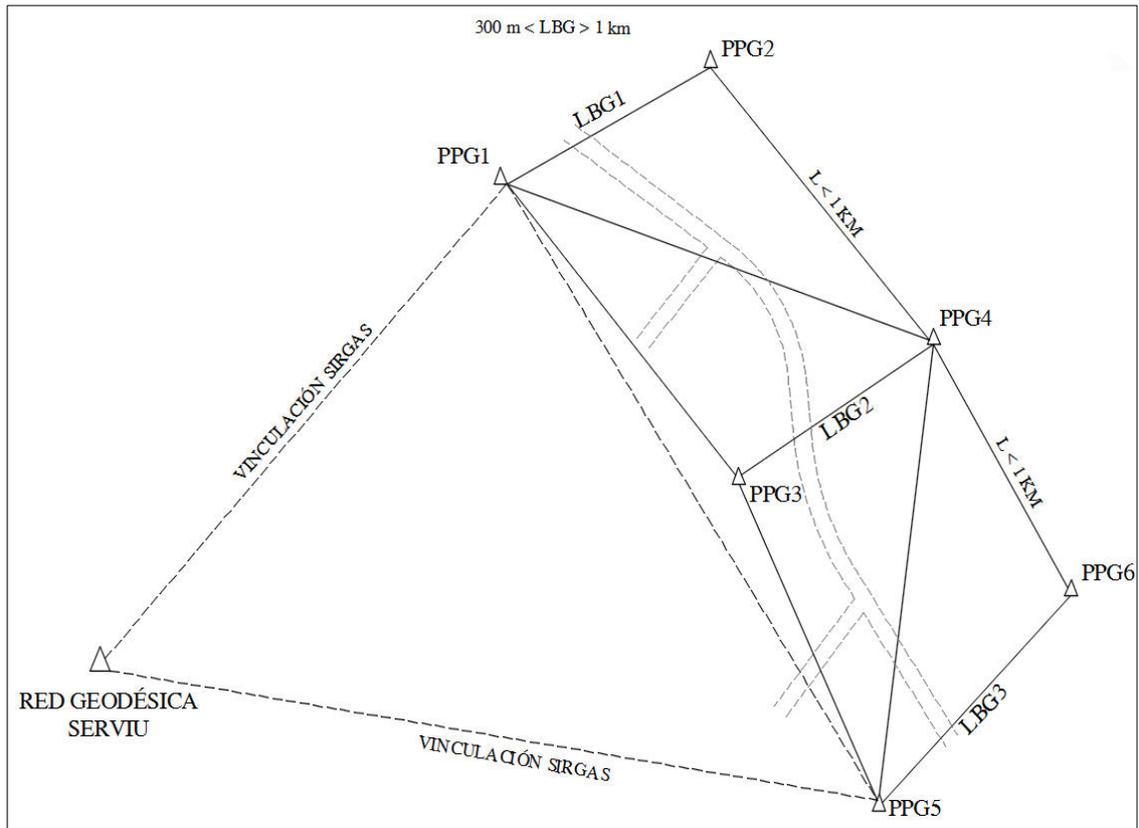
**Tabla 9**

Tiempos de medición GNSS según distancias

Vector (km)	L1/L2
0 - 2	20 min
2 - 5	30 min
5 - 10	40 min
10 - 30	50 min
30 - 70	1 h
70 - 100	1.5 h
> 100	2 h

**Ilustración 2**

Esquema de vinculación desde Red Geodésica a Poligonal Principal



#### 6.5.1.2.2 Procesamiento de archivos GNSS

El procedimiento a considerar al procesar archivos GNSS, es el siguiente:

- Revisión de todas las alturas instrumental, contrarrestándolas con las indicadas en el registro de terreno (bitácora).
- Convertir todos los archivos desde formato nativo a RINEX.
- Cargar los archivos RINEX al Software y revisar: Tipo de altura, tipo de antena y limpieza de satélites.
- Procesar los vectores para encontrar ambigüedades.
- Revisar ambigüedades encontradas.
- Fijar vértice SERVIU y ajustar según tolerancias.
- Análisis de residuos y calidad de cierre de la poligonal.
- Remedir en caso de no cumplimiento de tolerancias.
- Generar informe de coordenadas.
- Generar reportes con índices estadísticos.

#### 6.5.1.2.3 Registro de Terreno (bitácora)

Se debe incluir en los registros correspondientes, el registro de terreno (bitácora), con el fin de identificar el detalle de la medición: altura a la marca, marca y modelo de antena, tiempos de medición, código de identificación, etc.

#### 6.5.1.2.4 Registros GNSS

Los archivos GNSS de los vértices medidos deben ser identificables por nombre, número del vértice (XX) y fecha de medición (XXXXXX). El nombre y número del vértice deben ser los mismos indicados en el informe topográfico correspondiente.

Por ejemplo:

El nombre del archivo del primer vértice de la Poligonal Principal GNSS medido el día 08/03/2017 se identificará de la siguiente manera:

**G0108032017**

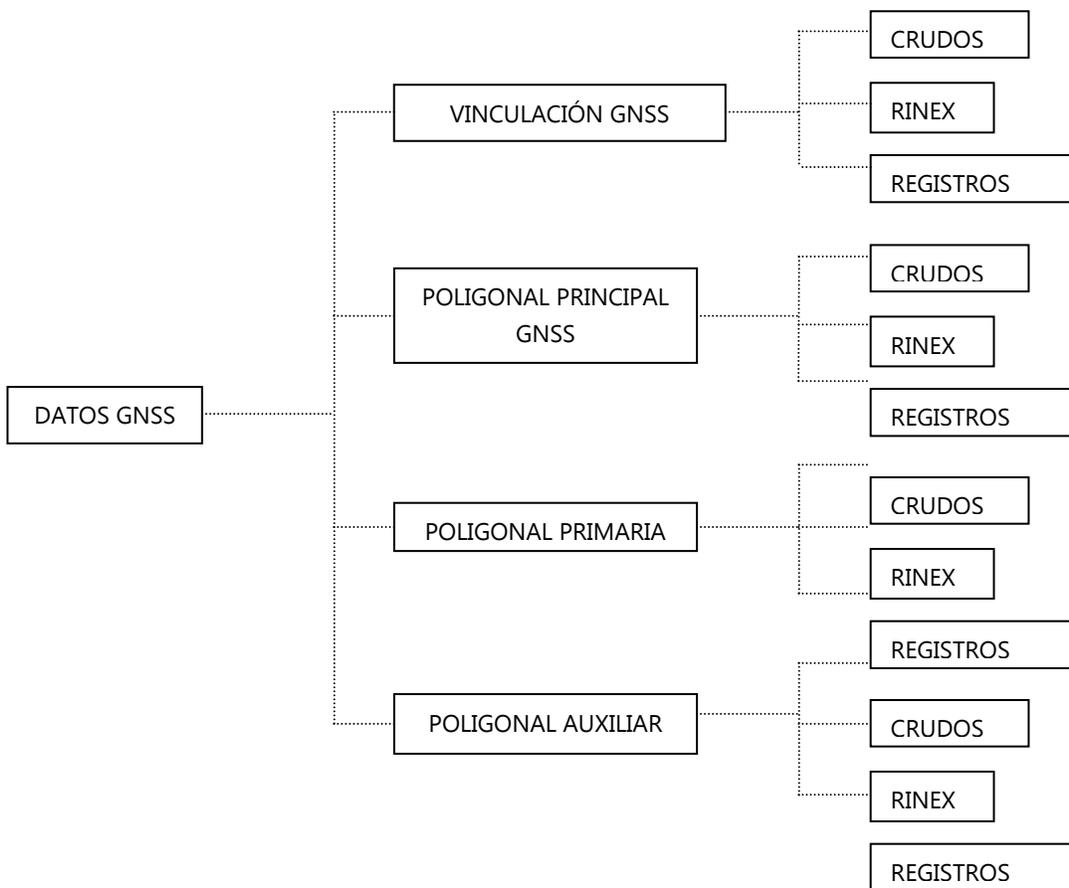
**6.5.1.2.5 Registro Post-procesamiento Método Estático**

El registro tiene por objetivo ordenar e indicar de una manera clara las sesiones de medición estáticas realizadas para el proyecto.

**6.5.1.2.6 Entrega de Archivos y Registros**

Los archivos GNSS deben ser entregados de manera clara y con el orden lógico determinado por SERVIU RM, con la finalidad de evitar interpretaciones erróneas y facilitar la revisión de la información.

La información de medición GNSS, debe ser incorporada dentro de una carpeta llamada: Datos GNSS, en ella habrá subcarpetas con la información clasificada que debe responder al siguiente orden:



Es responsabilidad del Consultor incluir las alturas de antenas (a la marca) en los archivos RINEX.

### 6.5.1.2.7 Resumen de Procedimientos para Referenciación Planimétrica

A continuación, se presenta a modo de resumen, los procedimientos necesarios para georreferenciar planimétricamente los proyectos que ingresan a inspección a Serviu Metropolitano:

- **Materializar la PPG:** Se debe analizar las características del terreno donde se emplazará el estudio para posteriormente materializar los vértices de la Poligonal Principal GNSS, cumpliendo las condiciones de ubicación y construcción indicadas.
- **Planificar mediciones:** Se deben determinar las sesiones de medición para la vinculación y los cuadriláteros bases que conformarán la PPG, considerando tiempos, días, distancias y las condiciones ideales de la constelación de satélites.
- **Medición:** Realizar la medición de la vinculación y las líneas bases (LBG) que conformarán la PPG. Si se trata de un proyecto con financiamiento privado de conservación o veredas, se aceptará su vinculación mediante topografía clásica.
- **Procesamiento de las observaciones:** Mediante software específicos, procesar y analizar las observaciones obtenidas en terreno.
- **Precisión:** Procesada la información, se deben analizar los errores obtenidos en las figuras conformadas, y determinar si cumplen con las tolerancias establecidas. Según resultados, analizar la re-mediación de vectores o figuras completas.
- **Ajuste:** Si los vectores y los cierres cumplen con las tolerancias establecidas, se procede a ajustar mediante el método de mínimos cuadrados para determinar las coordenadas finales de cada vértice.
- **Sistema de coordenadas:** Según el tipo de proyecto, se deben establecer las coordenadas en proyección UTM de los vértices observados, para posteriormente definir las coordenadas planas en el sistema de proyección LTM-PTL indicado, considerando parámetros definidos.
- **Exportación:** Se deben exportar todos los datos observados en formato RINEX, además de la exportación en formatos gráficos, informes de procesamiento y ajuste, y toda información solicitada para ser presentada en el informe topográfico correspondiente.

### 6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica (PPC)

Cuando las bases del proyecto así lo indiquen, se aceptará el desarrollo de una Poligonal Principal mediante topografía clásica (estación total) cuyo principal objetivo es el de cubrir la totalidad del emplazamiento del proyecto para el posterior poblamiento y control de nuevos vértices. Se considerará para dicha poligonal una tolerancia del error de cierre en la medida de las distancias no superior a 1:40000 o 25 ppm y angularmente una tolerancia de cierre de  $10'' \sqrt{N}$ , donde N es el número de vértices de estaciones.

El procedimiento opcional de cálculo a utilizar es la detallada en el Capítulo 6.6.3 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS, se podrá utilizar otro procedimiento de cálculo siempre y cuando se adjunten los respaldos y registros matemáticos correspondientes de forma ordenada y clara. De igual manera, se exigirá en caso de utilizar esta metodología, que se adjunten los registros de terreno, el orden de identificación de los vértices correspondientes y los cálculos y metodologías de compensaciones utilizados.

## 6.5.2. REFERENCIA ALTIMÉTRICA

La referenciación altimétrica del proyecto, deberá referirse al Nivel Medio del Mar mediante los vértices de nivelación de SERVIU RM (prioritariamente), pilares de nivelación IGM o vértices de nivelación de Bienes Nacionales. En sectores donde no existen puntos de nivelación cercanos, la Sección de Georreferenciación de SERVIU RM podrá determinar alturas referidas a un modelo geoidal que entregará al consultor.

### 6.5.2.1. Red de Vértices con Referencia Altimétrica

Los proyectos de ingeniería vial, deberán contar con diversos vértices de referencia altimétrica, esta red será utilizada para realizar el levantamiento de información y posterior replanteo del estudio. Dicha red estará conformada por los vértices incluidos en la Poligonal principal (PPG) y todos los vértices de las poligonales pertenecientes al estudio, se aceptará la inclusión de nuevos vértices de nivelación para el apoyo del proyecto.

Los vértices de la red con referencia altimétrica, deberán ser identificados bajo las mismas siglas de las poligonales planimétricas a las cuales pertenecen, con la finalidad de asegurar la correcta comprensión y el desarrollo de monografías.

La cota de inicio de la red deberá obtenerse, en primera instancia, desde un vértice de nivelación de SERVIU RM, en el caso de que SERVIU RM no contara con vértices de nivelación cercanos ( $\pm 3$  km), se aceptará la vinculación a pilares de nivelación IGM (certificados), vértices de nivelación de Bienes Nacionales (certificados) y en sectores donde no existan vértices de nivelación de ninguna entidad oficial, SERVIU RM, mediante la Sección de Georreferenciación, podrá determinar un vértice de nivelación en las cercanías del estudio con altura referida a un modelo geoidal. Lo anterior deberá ser informado en la etapa de entrega de antecedentes, especificados en el capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

La red de vértices con referencia altimétrica, deberá conformarse mediante una nivelación geométrica cerrada entre puntos consecutivos.

Tal como se mencionó anteriormente, la red de nivelación deberá incluir todos los vértices materializados y definidos en la etapa de referencia planimétrica, con la finalidad de asegurar la unificación de la referencia altimétrica para el estudio.

La medición se podrá realizar con niveles automáticos o digitales, la metodología de medición consistirá en lecturas atrás y adelante en puntos de cambio que tengan buena estabilidad, para ello, se podrán utilizar placas metálicas de apoyo. Las distancias entre lecturas deben permitir la apreciación clara del milímetro en la mira. La posición del instrumento entre lecturas debe tender a la ubicación media entre las dos mediciones.

### 6.5.2.2. Métodos de Medición

Según las exigencias del proyecto, se permitirá el desarrollo de mediciones altimétricas según los siguientes métodos:

#### 6.5.2.2.1 Nivelación Simple Cerrada

La nivelación simple (cerrada) consiste en la medición directa y de avance continuo, realizando lecturas atrás y adelante hasta cerrar en un punto de nivelación con cota conocida o volver al PN de inicio. La distancia se podrá determinar mediante pasos (previa calibración del caminar).

Se debe adjuntar en el informe correspondiente, un registro de nivelación que detalle y respalde todas las lecturas realizadas.

#### 6.5.2.2.2 Nivelación con doble posición instrumental

La nivelación con doble posición instrumental consiste en el cálculo de los desniveles conforme se avanza, mediante una nueva posición instrumental que permite comprobar el desnivel y así evitar errores o faltas que se producen durante el transporte de niveles. Este método también debe cerrar en un vértice con cota conocida o volver al vértice inicial. La distancia se podrá determinar mediante pasos (previa calibración del caminar).

#### 6.5.2.2.3 Nivelación Trigonométrica

La nivelación trigonométrica consiste en la obtención de desniveles mediante ángulos verticales y distancias horizontales, principalmente con estaciones totales. Se aceptará este método de nivelación solamente para la obtención de cotas de los vértices de poligonales auxiliares.

Se debe adjuntar en el informe correspondiente, un registro de nivelación que detalle y respalde todas las lecturas realizadas.

#### 6.5.2.3. Tolerancia

La tolerancia para toda nivelación cerrada que se desarrolle, independiente del método de medición, debe responder a la siguiente expresión:

$$T = \pm 0.01 * \sqrt{K}$$

K= Distancia del circuito expresada en kilómetros.

T= Tolerancia del error admisible expresado en metros.

#### 6.5.2.4. Compensación

Si el error del circuito se encuentra dentro de las tolerancias detalladas en el punto anterior, se procede a la compensación correspondiente.

Para circuitos desarrollados con distancias constantes, la compensación distribuirá en partes iguales el error por cada punto de cambio.

Para circuitos desarrollados con distancias distintas, la compensación distribuirá de forma proporcional a la distancia el error por cada punto de cambio.

#### 6.5.2.5. Registro para Red Altimétrica

Se deberán registrar, según lo establecido anteriormente, todas las lecturas atrás y adelante efectuadas en terreno para determinar los desniveles y cotas desde el vértice inicial certificado hacia los vértices de la red altimétrica. El registro se debe desarrollar de manera clara y ordenada para cada punto de la red.

### 6.5.3. FORMATOS DE ENTREGA

Con la finalidad de estandarizar los formatos de entrega, se indica la forma de presentar la información resultante de la georreferenciación planimétrica y altimétrica del estudio.

#### Datos Planimétricos

Para el desarrollo de una PPG se debe entregar:

- Certificados y monografías de vértices SERVIU utilizados en la vinculación planimétrica.
- Registro de sesiones de medición obtenidas en terreno según registro tipo.
- Reportes estadísticos de los vectores procesados y ajustados.
- Mediciones realizadas en los distintos circuitos cerrados de la PPG (Topografía clásica).
- Cuadro de coordenadas de la PPG en los distintos sistemas: UTM, Geográficas, PTL.
- Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en la PPG, según Anexo
- Representación gráfica general de la PPG, identificando cada vértice y vector (LBG), además de indicar en la gráfica la vinculación SIRGAS.

#### Datos Altimétricos

- Certificados y monografías de vértices utilizados para la vinculación altimétrica.
- Registro de cálculo de cotas para cada uno de los circuitos de nivelación cerrada.
- Cuadro de cotas de todos los vértices de la PPG.
- Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en la red altimétrica, según Anexo.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.6. SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)

El sistema de transporte de coordenadas (STC), tiene como principal objetivo densificar a partir de la PPG para vincular los levantamientos topográficos del estudio, replantear el diseño proyectado de los diversos elementos singulares y principalmente, poseer un control topográfico del avance del proyecto vial.

### 6.6.1. TIPOS DE POLIGONALES

Para efectos del sistema de transporte de coordenadas, las poligonales se clasificarán en 2 tipos:

- Poligonal Primaria: Se densifica a partir de la PPG. Inicia y termina en los vértices de la PPG a modo de control.
- Poligonal Auxiliar: Inicia y controla en los vértices de la Poligonal Primaria. La Poligonal Auxiliar se utilizará para llevar el sistema de coordenadas a sitios de mayor complejidad, de malos accesos o de mala visualización.

### 6.6.2. PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES

Los vértices de las poligonales deben ubicarse de manera equidistante entre sí, evitando los lados cortos; los errores angulares crecen de manera inversamente proporcional a la longitud de los vectores y la probabilidad de errores en distancia se incrementa para longitudes cortas.

Todas las poligonales deben ser cerradas, no se aceptarán vértices radiados. Las poligonales deben cerrar en el vértice de partida, o en vértices con azimut y coordenadas conocidas y de mayor precisión (ilustración 3).

#### 6.6.2.1. Poligonal Primaria

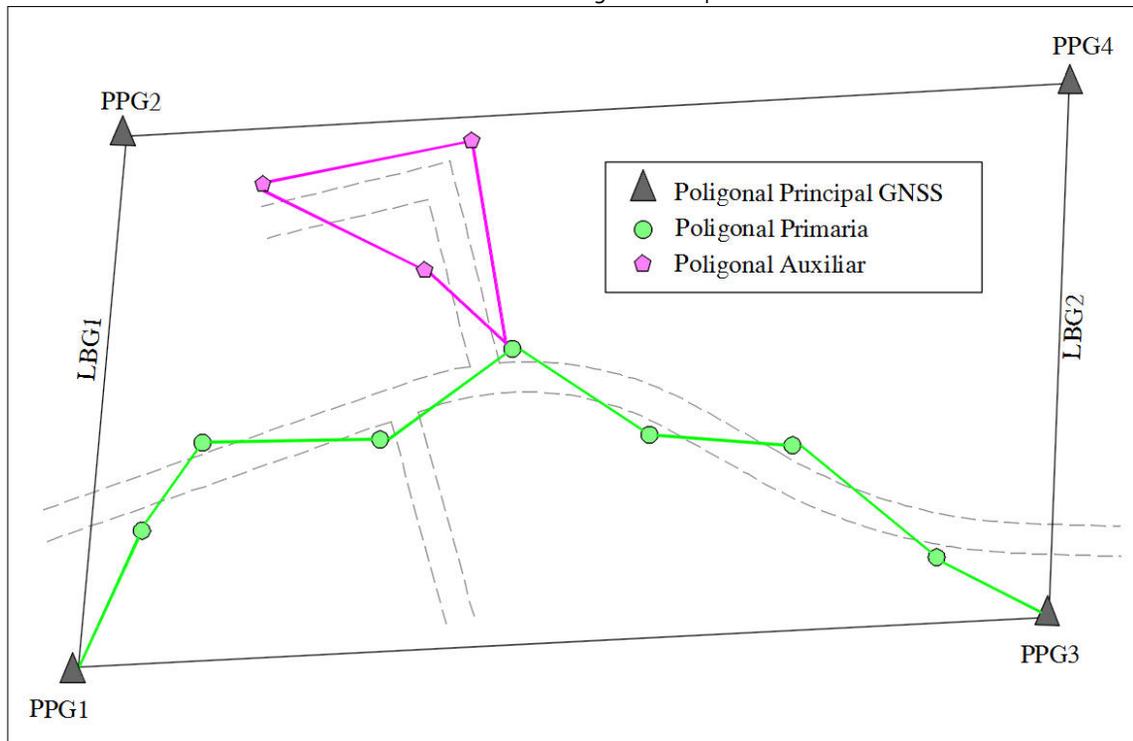
Para densificar la poligonal primaria, se deberán materializar monolitos en la longitud total del estudio, cuidando que se cumpla la correcta intervisibilidad entre vértices consecutivos. La finalidad de estos puntos, es la de permitir el correcto levantamiento topográfico de los elementos singulares solicitados para el proyecto, es por ello, que la ubicación de estos vértices debe permitir el correcto cumplimiento de la toma de información.

La poligonal primaria se debe densificar y controlar desde la Poligonal Principal GNSS (PPG), es decir, debe iniciar y cerrar en los vértices que componen dicha poligonal.

La distancia entre los vértices de la poligonal primaria, debe estar comprendida entre 200 m y 1000 m, dependiendo de las características que presente el terreno. Esto responde a las consideraciones fundamentadas anteriormente.

Ilustración 3

Densificación de STC desde Poligonal Principal



Se considerará para la poligonal primaria, una tolerancia en la medida de las distancias no superior a 1:20000 o 50 ppm, para ello, se deben realizar los cálculos correspondientes de la poligonal con las coordenadas en la proyección local, es decir, en las coordenadas del Plano Topográfico Local correspondiente al estudio.

#### 6.6.2.2. Poligonal Auxiliar

Se materializará la poligonal auxiliar en sectores de difícil acceso para la toma de información, con la finalidad de llevar el sistema de coordenadas a sitios de mayor complejidad. La poligonal auxiliar se debe controlar en los vértices de coordenadas conocidas de la poligonal primaria.

Se considerará para la poligonal auxiliar, una tolerancia en la medida de las distancias no superior a 1:20000 o 50 ppm. Para ello, se deben realizar los cálculos correspondientes de la poligonal con las coordenadas en la proyección local, es decir, en las coordenadas del Plano Topográfico Local correspondiente al estudio.

Los ángulos y distancias de sus lados deberán ser medidos con 3 reiteraciones.

Solamente en el caso de las poligonales auxiliares, se permitirá, al utilizar estación total, la determinación de cotas en base a los desniveles obtenidos, siempre y cuando las alturas estén referidas a la red altimétrica del estudio. La determinación de cotas con estación total se realizará en base al promedio de 3 mediciones con distinta altura de prisma.

### 6.6.2.3. Formatos de Entrega para el STC

Con la finalidad de estandarizar los formatos de entrega, se indica la forma de presentar la información resultante del sistema de transporte de coordenadas utilizando poligonales:

Cuadro de coordenadas de los vértices involucrados en el sistema proyección LTM-PTL.

Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en las poligonales, según Ilustración 3 (solicitar el formato digital de monografía tipo al encargado del proyecto).

### 6.6.3. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS

Las distancias y ángulos se deben medir mediante 4 reiteraciones, con la finalidad de calcular el promedio de las observaciones y obtener el azimut y la distancia promedio entre cada vértice. En base a las coordenadas del vértice de inicio (PPG) en la proyección LTM definido en un PTL, se procede al cálculo de transporte de coordenadas a cada uno de los vértices densificados. Al llegar al vértice de control (PPG) se obtendrá la magnitud del cierre del circuito.

Dado que la magnitud calculada representa solamente el error de posición del circuito completo, se debe calcular la ambigüedad parcial y acumulada en cada vértice del circuito, con la finalidad de resolver de la mejor manera las diferencias calculadas.

A continuación, se presenta el procedimiento a seguir para poder obtener los valores estadísticos necesarios para analizar las ambigüedades:

- a) Realizar las mediciones de distancias y ángulos horizontales mediante 4 reiteraciones de todos los vértices involucrados, a partir de la base de referencia principal (PPGs).
- b) Calcular el promedio de distancias y azimutes correspondientes.
- c) Calcular la desviación estándar de las mediciones realizadas (repeticiones) tanto angular como linealmente, mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Donde:

$\sigma_m$  = Desviación estándar de las mediciones (error probable).

$X_i$  = Valor de lectura.

$\bar{x}$  = Promedio de lecturas.

$n$  = Número de mediciones.

*Para su aplicación, la desviación estándar de las mediciones, también se puede obtener a través de las fórmulas predeterminadas que ofrece Excel.*

- d) Calcular las coordenadas de cada vértice, según la siguiente expresión:

$$N = N_0 + DH * \text{COS} (Az) \quad \text{y} \quad E = E_0 + DH * \text{SEN} (Az)$$

Donde:

$N_0$ = Coordenada Norte de origen.

$E_0$ = Coordenada Este de origen.

DH= Distancia horizontal promedio.

Az = Azimut promedio.

Para el cálculo de coordenadas, se deben utilizar las coordenadas en la proyección LTM-PTL definidos para los vértices de la PPG.

- e) A continuación, se debe determinar la propagación de errores presentes en la ecuación para calcular coordenadas, mediante la siguiente expresión:

$$\sigma N = [ (\sigma N_0)^2 + (\text{cos}(Az) * \sigma DH)^2 + (DH * \text{sen}(Az) * \sigma Az)^2 ]^{1/2}$$

$$\sigma E = [ (\sigma E_0)^2 + (\text{sen}(Az) * \sigma DH)^2 + (DH * \text{cos}(Az) * \sigma Az)^2 ]^{1/2}$$

- f) Obtenido lo anterior, se procede a calcular el error de posición (ep), mediante la siguiente expresión:

$$ep = ( \sigma N^2 + \sigma E^2 )^{1/2}$$

- g) Calcular el indicador de precisión de la posición en razón del avance del circuito:

$$\text{Prec} = 1: (ep / \text{distancia horizontal desde el vértice inicial del circuito})$$

*La distancia horizontal desde el vértice inicial del circuito, se debe calcular en razón de las coordenadas de los vértices involucrados.*

*Para efectos de cálculo, para el indicador ep se deben utilizar 10 decimales.*

- h) Calculado el transporte de coordenadas desde la referencia inicial hasta el vértice de cierre (PPG), se obtiene el error de cierre de posición, el cual debe ser compensado en razón del error específico de cada vértice y en función del error de cierre calculado en el último punto de la poligonal.

A continuación, a modo de ejemplo, se presenta la metodología de cálculo:

Siendo G1, G2 y G3 vértices pertenecientes a la PPG, donde la poligonal de transporte de coordenadas inicia en G1-G2 y cierra en el vértice G3. Donde n es el número de vértices de la Poligonal Primaria, siendo Vn el último vértice medido (G3). Dicho lo anterior, el error de cierre "ec" se calcula de la siguiente manera:

$$EC_{\text{norte}} = N_{Vn} - N_{G3}$$

$$EC_{\text{este}} = E_{Vn} - E_{G3}$$

Donde  $N_{G3}$  y  $E_{G3}$ , son coordenadas conocidas.

El error de cierre "ec", se calcula con la siguiente expresión:

$$ec = (EC_{\text{norte}}^2 + EC_{\text{este}}^2)^{1/2}$$

Obtenido el error de cierre del circuito, se procede a analizar el cumplimiento con las tolerancias establecidas en el presente manual, en caso de no cumplir, se deben repetir las mediciones que presentan mayores ambigüedades, en caso contrario, se procede al ajuste de coordenadas de la poligonal. Para ello, se debe calcular la corrección de compensación para cada vértice:

$$\text{Corr } N_{Vi} = -(\sigma N_{Vi} / \sigma N_{Vf}) \times EC_{\text{norte}}$$

$$\text{Corr } E_{Vi} = -(\sigma E_{Vi} / \sigma E_{Vf}) \times EC_{\text{este}}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Finalmente, se procede a aplicar la compensación a cada vértice, para obtener las coordenadas finales:

$$N_{\text{comp } Vi} = N_{Vi} + \text{Corr } N_{Vi}$$

$$E_{\text{comp } Vi} = E_{Vi} + \text{Corr } E_{Vi}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

*Nota: Para el cálculo del sistema de transporte de coordenadas para Poligonales Primarias y Auxiliares, se deben utilizar las coordenadas en la proyección local (PTL) de los vértices de referencia.*

#### 6.6.4. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS

El procedimiento para el sistema de transporte de coordenadas mediante GNSS, se diferenciará básicamente en el método de la toma de la información y del tipo de receptor disponible.

Independiente del método de toma de información, este debe responder a las mismas exigencias establecidas para una poligonal cerrada, con el fin de poder determinar errores de cierre y cumplimiento de tolerancias. No se aceptarán vectores radiados, ya que no permiten la determinación de errores de cierre.

En razón de lo anterior, el transporte de coordenadas GNSS se realizará mediante:

##### **Soluciones con Post-Proceso**

Se refiere a mediciones realizadas bajo el método de observación estática, el cual permite determinar coordenadas en base a soluciones fijas, mediante un post-procesamiento de las observaciones. Se exigirán receptores GNSS de alta precisión, con errores no superiores a  $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ .

La medición del STC se realizará mediante vectores independientes, los cuales deben utilizar vértices de control como base de la PPG al iniciar y cerrar la Poligonal para resolver ambigüedades. El tiempo de medición en cada vector debe ser superior a 20 min. Las tolerancias de cierre no deben ser superior a 1:40000.

#### 6.6.5. DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES

En el caso de que las bases del proyecto no exijan la vinculación con tecnología GNSS, ni la materialización y medición de una Poligonal Principal o Primaria, el revisor del proyecto podrá exigir la densificación y correcta materialización de al menos un par de vértices que esté referido a la topografía con la cual se desarrollará el proyecto, independiente del financiamiento del proyecto y/o de lo estipulado. El consultor debe exigir al topógrafo a cargo, la materialización de dos vértices referenciados, los cuales serán exigidos al momento del ingreso del proyecto.

El par de vértices se debe ubicar en un lugar donde no sea removido en futuros movimientos de Tierra, y así asegurar, a falta de exigencias topográficas, un control en el avance de la obra.

**6.6.6. IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES**

Todos los vértices instalados en el terreno, sean de la PPG o STC, deben ser identificados con una nomenclatura que permita su clasificación con facilidad. Esta identificación debe ser indicada tanto en la placa instalada en terreno como en el código de identificación para los archivos GNSS en su post-procesamiento.

Los vértices deben ser identificados de la siguiente manera:

G-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Principal GNSS.

P-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Primaria.

A-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Auxiliar.

Donde N° es el número correlativo correspondiente al vértice.

## 6.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

### 6.7.1. LEVANTAMIENTOS COORDENADOS

Los levantamientos coordenados, son levantamientos cuya metodología de toma de datos es específica por cada elemento, permitiendo la identificación directa de los datos observados mediante un sistema de coordenadas (Este, Norte y Cota), además de su nomenclatura que permita su identificación.

#### 6.7.1.1. Consideraciones

Las mediciones realizadas en terreno, deben responder a un orden lógico, con la finalidad de facilitar la interpretación de la información y conformar de manera más completa la superficie del estudio. Se recomienda realizar la toma de datos en avances transversales los cuales consideren: líneas de cierre, soleras, ejes, canales y elementos que sean exigidos en las bases del proyecto.

El levantamiento de información, debe considerar la correcta densificación de puntos en los límites del estudio, cambios de pendientes y ejes de vías, con la finalidad de permitir el correcto modelamiento digital del estudio.

Con la finalidad de unificar la información, la sección de Georreferenciación normará los siguientes aspectos en la entrega de los planos topográficos:

- Descripción de los elementos.
- Descripción y clasificación de los Layers utilizados en el plano.

Se exigirá el catálogo de descriptores y de Layers para la confección de los planos topográficos correspondientes mediante la plantilla de dibujo (.dwt) para el software AutoCad Civil, lo anterior se debe solicitar a la Sección de Georreferenciación con la finalidad de disminuir tiempos de configuración y unificación de formatos.

El profesional de terreno debe adjuntar, al incluir los antecedentes topográficos, la nube de puntos original en formato .txt con los campos exigidos (N° Punto, Este, Norte, Cota, Descripción).

#### 6.7.1.2. Tolerancias

Las tolerancias exigidas por el servicio, responden directamente a la escala en la cual se representarán los elementos y curvas de nivel del estudio, lo anterior, influye directamente en la metodología y costos utilizados para la toma de datos. Un plano a mayor escala o curvas de nivel mayor definidas que las requeridas, significa un costo innecesario para el proyectista, caso contrario, resulta un plano con la información insuficiente.

Considerando el instrumental utilizado, en planimetría el error de los puntos levantados en terreno no debe superar los 0.2 mm en la escala del plano.

La precisión en las diversas componentes se indica en el siguiente cuadro de tolerancias:

**Tabla 10**

Cuadro de tolerancias según escala

Levantamiento Escala	Equidistancia Curvas de Nivel (m)	Tolerancia precisión Planimétrica (m)	Tolerancia precisión Altimétrica (m)	Densidad (Ptos/Há)
1:1000	0.5	0.2	0.25	50
1:500	0.2	0.1	0.15	100
1:200	0.2	0.05	0.1	400

### 6.7.1.3. Levantamientos con Estación Total

El levantamiento mediante estación total es el método más utilizado para la toma de información en terreno. Se aceptarán únicamente levantamientos realizados desde Poligonales Primarias o Auxiliares, con la finalidad de obtener puntos radiados a cada uno de los elementos singulares requeridos.

Antes de comenzar las lecturas, se deben verificar las condiciones de medición; determinar la altura instrumental, ingresar el código y las coordenadas del vértice utilizado como base, y posteriormente orientar el limbo horizontal hacia el vértice con coordenadas conocidas (azimut). Verificadas las condiciones de medición, se procede a configurar la altura del prisma.

Determinadas las diversas variables, se procede al levantamiento de los diversos puntos de relleno y de detalles exigidos por el Servicio. Los descriptores utilizados para el levantamiento de los puntos singulares, deben ser identificados según catálogo de descriptores entregado por la Sección de Georreferenciación.

El instrumento (estación total) debe ser certificado y revisado por el profesional de terreno, este se debe encontrar en buenas condiciones, al igual que el instrumental terciario utilizado para apoyo en terreno; jalones, prismas, cintas métricas, nivel esférico y trípode.

### 6.7.1.4. Levantamientos GNSS

El levantamiento mediante tecnología GNSS permite desarrollar mediciones instantáneas o en tiempo real (RTK- Real Time Kinematic), solucionando la onda portadora de las señales transmitidas.

Los levantamientos GNSS se deben desarrollar desde un vértice perteneciente al STC (Poligonal Primaria o Auxiliar) y según lo definido en el presente manual, el levantamiento se debe desarrollar en un Sistema de Proyección Local (LTM) definido en un Plano Topográfico Local (PTL), es por ello, que en la libreta de campo se deben ingresar los parámetros de definición del PTL para que el levantamiento se refiera a dicha proyección local.

Con la finalidad de verificar y controlar el comportamiento de las cotas, se deben registrar al menos 4 vértices previamente nivelados, los cuales se encuentren en las cercanías del sector de levantamiento.

Los tiempos de medición de cada punto deben configurarse de la siguiente manera: 3 épocas con intervalos de registro de 1 s por época.

La tolerancia con la cual se registrarán las mediciones, para asegurar la calidad de las mismas será de:  $H= 0,015$  m y  $V= 0,030$  m.

En sectores donde la vegetación sea abundante o las construcciones existentes obstaculicen las correcciones de las señales recibidas, significará un mayor tiempo en la medición de los puntos para lograr la precisión requerida. Si la ambigüedad no puede ser resuelta, resultará en la no medición de los puntos mediante levantamiento GNSS, realizando la medición en dicho sector mediante estación total.

Para los levantamientos GNSS, se debe adjuntar la información, además de adjuntar el archivo ACSII original (.txt, .csv) descargado de la colectora de datos.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.7.2. LEVANTAMIENTOS AEROFOTGRAMÉTRICO

Los levantamientos Aerofotogramétrico son mediciones realizadas en base a fotografías aéreas tomadas desde un móvil aéreo de variables ópticas conocidas. Dichos móviles pueden ser tripulados o no tripulados, dependiendo de las exigencias del proyecto. Un móvil no tripulado se orienta a levantamientos de escalas grandes (1:1000), ya que su altura de vuelo es baja, ideal para aplicaciones en proyectos viales. La cámara digital debe ser de al menos 12 Mp y el móvil debe incorporar; tecnología GNSS, sistemas inerciales y piloto automático para controlar la trayectoria planificada del vuelo.

Se recomienda la utilización de este sistema de levantamiento para grandes extensiones de terreno, con la finalidad de disminuir costos y tiempos asociados. El levantamiento Aerofotogramétrico es compatible con las precisiones exigidas por SERVIU RM.

Para lograr la correcta representación de la superficie fotografiada, las imágenes deben cumplir ciertos porcentajes de traslape longitudinal y transversal, con la finalidad de generar estereoscopia. El vuelo debe tener una altitud predeterminada según la escala a la que se requiera trabajar, además de mantener una altitud y velocidad constante sobre la ruta de vuelo planificada.

A continuación, se presentan ciertos terrenos que dificultan la realización de levantamientos Aerofotogramétrico:

- Terrenos desérticos, lisos, los cuales dificulten la visión estereoscópica.
- Zonas de grandes construcciones, las cuales proyectan sombras que dificultan la restitución en dichas áreas.
- Zonas con arboledas, que dificultan o impiden la visión del terreno, los cuales pueden llegar a producir errores de interpretación de relieves.

A continuación, se detalla el procedimiento requerido para realizar un levantamiento Aerofotogramétrico:

### 6.7.2.1. Obtención de Fotografías

Las fotografías de un levantamiento aerofotogramétrico deben responder correctamente a la escala del proyecto, es decir, que pueda ser ampliada y que permita la equidistancia entre curvas de nivel.

Para desarrollar la toma de imágenes, se debe planificar las líneas de vuelo requeridas para cubrir la totalidad del emplazamiento del estudio, definiendo límites y trayectorias. Se deben definir, además, el objetivo del levantamiento, tipo de terreno, escala de restitución y altura de vuelo.

El ángulo de las fotografías en razón del terreno debe ser ortogonal y los intervalos de toma de información deben asegurar un recubrimiento longitudinal y transversal, para lograr estereoscopía continua en cada par de fotografías sucesivas y asegurar la toma de información en todos los sectores del estudio.

Para vuelos tripulados el recubrimiento longitudinal mínimo exigido será del 60% y lateral del 15%. Para vuelos no tripulados, el recubrimiento mínimo exigido será del 70%, tanto longitudinal como lateral.

Se debe adjuntar los certificados de calibración de la cámara utilizada, indicando los parámetros de orientación interna.

Lo planificado en el presente capítulo debe ser detallado e incluido según lo estipulado en el Capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

#### **6.7.2.2. Georreferenciación de Imágenes Aéreas**

El problema de la orientación externa de las imágenes aéreas se resuelve mediante la integración de los sensores GNSS, los sistemas inerciales y los parámetros propios de las cámaras digitales y se definen mediante las coordenadas espaciales y las tres rotaciones del sistema de referencia de la imagen. En base a la aerotriangulación, se determina la orientación externa, obteniendo las coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de los puntos estereoscópicos en base a las coordenadas de los vértices de apoyo en terreno.

El método Cinemático, propio del sistema GNSS, permite determinar la trayectoria del móvil aéreo. El IMU (Unidad de Medida Inercial) permite obtener la velocidad y posición de cualquier punto.

#### **6.7.2.3. Apoyo Terrestre**

El apoyo terrestre consiste en entregar coordenadas (planimétricas y altimétricas) referidas al sistema de referencia del proyecto a vértices perfectamente foto identificables, los cuales pueden ser detalles naturales o marcas realizadas en terreno para tal propósito.

Según la integración entre sensores (IMU – GNSS – Cámara), la cantidad de vértices de apoyo exigibles variará, según las siguientes características:

- Cámara digital: Se exigirán 6 vértices de apoyo para cada par de fotografías consecutiva. La distribución de los vértices dependerá de los cambios de relieve que presenta el terreno.
- Cámara digital + GNSS: Se exigirán 5 vértices de apoyo por cada línea fotogramétrica: dos al inicio, un al centro y 2 al final.
- Cámara digital + GNSS + IMU: Se exigirán 3 vértices de apoyo densificados en el total del levantamiento.

#### **6.7.2.4. Restitución Fotogramétrica**

Es el tratamiento fotogramétrico de las imágenes, el cual permite confeccionar planos a escalas con curvas de nivel. Con ayuda de los apoyos terrestres, se refiere el posicionamiento horizontal y

vertical de las imágenes a la referencia del proyecto, procediendo al dibujo de los detalles planimétricos y altimétricos.

**6.7.2.5. Tolerancias**

La tolerancia planimétrica se basa principalmente en los vértices utilizados de apoyo. De todas maneras, se revisarán puntos en terreno en comparación con su homólogo en el plano.

La tolerancia altimétrica se define por medio de las curvas de nivel, exigiendo el cumplimiento del 90% de los puntos de control.

Se inspeccionarán puntos al azar; ejes de calles, intersecciones o cualquier elemento foto identificable. Las tolerancias de los puntos obtenidos mediante aerofotogrametría son las siguientes:

**Tabla 11**

Tolerancia de nube de puntos mediante aerofotogrametría

Escala del Plano	Verificación del plano en terreno (90% de los puntos en terreno presentarán un error menor que)	
	Altimetría (m)	Planimetría (m)
1:500	0.25	0.25
1:1000	0.50	0.50
1:2000	1.00	1.00
1:5000	2.50	2.50
1:10000	5.00	5.00

**6.7.2.6. Residuales**

Se deben indicar en el informe topográfico correspondiente, los residuales obtenidos del proceso de ajuste de modelos, los cuales no deben ser superiores en planimetría (X, Y) a 0.018 m y en altimetría (Z) a 0.025 m.

**6.7.2.7. Vértices de Apoyo**

El consulto debe entregar, junto con el informe topográfico, las monografías (Anexo) donde se detalle la ubicación y la descripción de los puntos utilizados de apoyo en terreno para el levantamiento aerofotogramétrico. Además, en terreno, los vértices deben ser identificables con pintura que indique su nomenclatura.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

**6.7.3. LEVANTAMIENTO MEDIANTE LASER TRANSPORTADO**

Los levantamientos laser transportado utilizan la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) para escanear superficies con alta precisión. Emite pulsos láseres que determinan la distancia entre el objeto y el emisor, mediante el tiempo de retraso de la señal reflejada.

La exactitud se logra gracias al control terrestre, mediante un receptor GNSS que vincula la referencia del proyecto, permitiendo calcular la posición del móvil en cada segundo mediante soluciones GNSS con post-proceso, además de corregir las diferencias por movimiento gracias al sistema de navegación inercial. Una de las ventajas de este método de levantamiento, es la mínima exigencia de puntos de control terrestre, logrando una mayor densidad de puntos por superficie con una buena precisión.

#### 6.7.3.1. Láser Aéreo

Previo al inicio de la ejecución y según lo que se detalla en el Capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo, se debe entregar al Inspector Fiscal para su aprobación la planificación del trabajo a desarrollar, definiendo los siguientes aspectos:

- Metodología a utilizar para la ejecución de los trabajos, representada en una Carta Gantt.
- Características del equipo a utilizar.
- Nómina de personal técnico involucrado (con experiencia).
- Programa de vuelo del avión o helicóptero.

Este sistema de toma de datos permite un muestreo de más de 100.000 pulsos por segundo, los cuales, al procesarlos con software determinados permite la obtención de las coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de los puntos, los cuales pueden superar los 4 puntos por m<sup>2</sup> (40.000 puntos /ha).

La información levantada se debe clasificar según tipo de datos. La clasificación se basará principalmente en la identificación de elementos relevantes para el proyecto; caminos pavimentados, caminos sin pavimentar, cursos de aguas y construcciones.

Se obtendrá como resultado lo siguiente:

- Archivos digitales de la nube de puntos en coordenadas cartesianas.
- Modelos tridimensionales representantes del terreno, identificando curvas de nivel equidistantes según escala.
- Ortofoto de la zona levantada.

Las ventajas de este método son las siguientes:

- Capacidad de alcanzar la precisión requerida en relación a la escala.
- En zonas de difícil acceso, debido a la gran cantidad de muestreo almacenado, permite que al menos un porcentaje llegue hasta el suelo y obtener su información.
- Resultados en poco tiempo según la extensión del terreno.
- Las referencias terrestres pueden encontrarse a más de 20 km entre sí (2 receptores mínimos en tierra).

Las tolerancias o precisiones para los levantamientos desarrollados bajo este método son las siguientes:

Tabla 12

Tolerancias de levantamiento mediante laser transportado

Escala del Plano	Curvas de Nivel	Verificación del plano en terreno (No más del 10% de los puntos en terreno presentarán un error mayor que)	
		Planimetría (m)	Altimetría (m)
1:500	0.50	0.15	0.20
1:1000	1.00	0.25	0.35
1:2000	2.00	0.50	0.75

El consultor deberá entregar la siguiente información asociada al levantamiento realizado:

- Informe de calibración de los instrumentos involucrados en el levantamiento láser.
- El listado de puntos en formato ACSSI original de todo el proyecto.
- Modelo digital en formato Raster (GRID) de la zona de estudio.
- Versiones digitales de las ortofotos rectificadas en la zona de estudio, en el sistema de coordenadas del proyecto.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### 6.7.4. PERFILES TOPOGRÁFICOS

Para cada proyecto se definirán las características de sus perfiles topográficos (Longitudinales y Transversales) según exigencias técnicas. Las características generales de los perfiles topográficos son los siguientes:

##### 6.7.4.1. Perfil Longitudinal

El Perfil Longitudinal debe ser referido a la poligonal primaria (altimétrica y planimétricamente). La distancia entre cada punto del perfil debe ser de 20 m, además se debe indicar un punto en cada cambio de pendiente del alineamiento.

Se aceptarán Perfiles Longitudinales obtenidos desde un levantamiento de laser aerotransportado o Aerofotogramétrico, salvo que se exprese lo contrario en las bases del proyecto. El uso de tecnología GNSS se aceptará solamente mediante una proyección local (PTL) para la toma de datos.

La representación gráfica de los Perfiles Longitudinales debe responder a las siguientes escalas de presentación:

- 1:100 Horizontal y 1:10 Vertical
- 1:500 Horizontal y 1:50 Vertical

- 1:1000 Horizontal y 1:100 Vertical

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### **6.7.4.2. Perfil Transversal**

Cada Perfil Transversal debe ser obtenido de la misma manera que el Perfil Longitudinal, es decir, cada 20 m, en cada cambio de pendiente del terreno y en cada obra de arte. Cada Perfil Transversal debe indicar su metraje o kilometraje según corresponda y según el sentido de avance del Perfil Longitudinal. El ancho del perfil debe determinarse según la exigencia y finalidad del estudio; el ancho del perfil debe permitir la correcta proyección de nuevos trazados y modificaciones que se requieran realizar para el proyecto ingenieril.

Los Perfiles Transversales se deben realizar perpendicularmente al Perfil Longitudinal, sin perjuicio de lo anterior, el Inspector del proyecto podrá requerir al consultor una orientación distinta.

Se aceptarán Perfiles Transversales obtenidos desde un levantamiento de laser aerotransportado o Aerofotogramétrico, salvo que se exprese lo contrario en las bases del proyecto. El uso de tecnología GNSS se aceptará solamente mediante una proyección local (PTL) para la toma de datos.

La representación gráfica de los Perfiles Transversales debe responder a las siguientes escalas de presentación:

- 1:10 Horizontal y Vertical
- 1:50 Horizontal y Vertical
- 1:100 Horizontal y Vertical
- 1:200 Horizontal y Vertical
- 1:500 Horizontal y Vertical

La densificación de los Perfiles Transversales en terreno debe representar fielmente la superficie del estudio para la correcta cubicación del mismo.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.8. CATASTROS

Catastro es la obtención, clasificación y registro en base a parámetros establecidos de los diversos elementos de terreno que se involucran en el trazado del estudio. Los elementos a catastrar serán detallados en las bases del proyecto o en su defecto, por el encargado del proyecto, que podrá requerir información específica según las exigencias y características del terreno.

Todos los elementos a catastrar deben definir su ubicación en base a coordenadas mediante mediciones GNSS.

El sistema de referencia requerido para los elementos a catastrar será SIRGAS (equivalente al WGS84) y en la proyección cartográfica UTM (vinculada a la Red Geodésica Serviu RM). La referencia altimétrica requerida será al nivel medio del mar, según exigencias del proyecto.

### 6.8.1. CATASTROS COMPLEMENTARIOS

Para catastros que se solicitan para complementar y/o mejorar la información de un proyecto, estos serán referidos a la misma ubicación del estudio (planimétrica y altiméricamente), es decir, las coordenadas de los elementos catastrados deben ser vinculados a los vértices de las poligonales del proyecto, con la finalidad de asegurar el correcto empalme entre el levantamiento topográfico desarrollado para el proyecto con el levantamiento catastral de sus elementos (si es que estos se desarrollan en tiempos diferentes).

### 6.8.2. CATASTROS INDEPENDIENTES

Para catastros independientes, es decir, catastros que no complementen y/o mejoren la información de un determinado proyecto, será exigida su ubicación en el sistema de referencia SIRGAS (WGS84), en la proyección UTM y con altura referida al nivel medio del mar. Para ello, se aceptará el levantamiento de los elementos a catastrar mediante mediciones GNSS, con observaciones en fase portadora, en modo cinemático (continuo) con post-proceso (desde estaciones activas certificadas) o en tiempo real (RTK), desde un vértice incluido en la Red Geodésica de Serviu Metropolitano. Se aceptará, para referir las alturas de los elementos a catastrar modelos geoidales matemáticos, por ejemplo; Earth Geopotential Model 2008 (EGM08), sin embargo, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto. No se aceptarán levantamientos catastrales con equipos GNSS de navegación (precisiones métricas), excepto que las bases del proyecto así lo indiquen.

### 6.8.3. DATOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información de los elementos a catastrar debe ser clara y detallada, ya que se ingresará a la base de datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) del servicio, para ello, se deben definir exigencias básicas que permitan el correcto ingreso de la información, estas exigencias aplican a todo catastro que ingrese a Serviu Metropolitano.

Las exigencias son las siguientes:

- Todos los elementos a catastrar deben indicar su clasificación vectorial, es decir, si pertenecen a elementos puntuales, lineales o polígonos, con la finalidad de facilitar su ingreso al SIG.
- Todos los elementos a catastrar deben indicar sus coordenadas UTM (WGS84), independiente del método de toma de información georreferenciada utilizada (Cinemático,

RTK, estático rápido), además de indicar su altura con referencia al nivel medio del mar (el uso de modelo geoidal se debe consultar con el encargado del proyecto). La clasificación según su característica física es la siguiente:

- Punto: Coordenada al centroide del elemento.
- Polígonos: Coordenadas de cada vértice del polígono.
- Lineales: Coordenadas en cada cambio de dirección. Se debe indicar el inicio y fin del elemento.

La información de todos los elementos a catastrar, debe ser ingresada y entregada al encargado del proyecto en formularios específicos (macros, HTML) según los tipos de elementos a catastrar, estos formularios facilitan el ingreso de la información al consultor y facilitan la revisión al encargado del proyecto. Dichos formularios deben ser solicitados y/o entregados por el encargado del proyecto.

En el caso de que no existan formularios de ingreso para un determinado tipo de elemento, el encargado del proyecto entregará un formulario que cumpla con la información, características y clasificaciones exigidas para el proyecto.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.9. REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD

El replanteo topográfico corresponde a la materialización en terreno del diseño vial proyectado, incluyendo alineamientos, puntos conflictivos, puntos singulares geométricos, puntos de densificación en el eje y elementos fundamentales de la obra de ingeniería.

El replanteo y trazado permite, entre otras cosas, confirmar el correcto emplazamiento del proyecto en el terreno.

Antes de comenzar la obra se debe hacer un levantamiento topográfico tanto en perfil longitudinal y transversal, igualmente de las calles y pasajes que intersectan la vía o sector de emplazamiento de la obra, aproximadamente 50 metros a partir de eje principal. Esto se debe hacer para verificar el adecuado escurrimiento de las aguas lluvias y evitar errores topográficos.

Los elementos del proyecto a replantear, deben ser materializados a partir del Sistema de Transporte de Coordenadas anteriormente vinculado, el cual se encuentra en el mismo sistema de referencia y proyección del proyecto.

### 6.9.1. EXIGENCIAS PARA EL REPLANTEO Y TRAZADO DEL DISEÑO VIAL

Las exigencias generales que se solicitarán para el replanteo y trazado del diseño vial comprenderán 2 etapas, la cuales se clasificarán:

#### 6.9.1.1. Etapa 1: Obras Previas

Esta etapa tiene como finalidad verificar el correcto emplazamiento del alineamiento y perfil tipo del proyecto, y con ello detectar puntos conflictivos que requieran algún cambio de diseño o cambios en los servicios existentes (cámaras, postaciones, etc.). En esta etapa se podrá, además, verificar las expropiaciones proyectadas.

- La precisión horizontal no podrá ser superior a  $\pm 0.10$  m y la precisión vertical no podrá superar  $+0.03$  m y  $-0.10$  m.
- Las niveletas o guías de excavación deberán ser materializadas en madera, estas tendrán que tener información del vértice que representan; kilometraje, cota de proyecto, cota auxiliar y altura a sello de excavación de esta.
- El trazado deberá ser materializado (trazado) con cal, yeso o alguna forma que permita la correcta visualización del trazado. Por ningún motivo se permitirá un trazado a mano alzada.
- Se deberá trazar tanto ejes como líneas de soleras, para una correcta visualización del emplazamiento.
- Las curvas horizontales y radio de giro deberán ser replanteadas con vértices cada 3 m de distancia.

#### 6.9.1.2. Etapa 2: Obras de Pavimentación

Esta etapa permitirá definir con mayor precisión los elementos singulares del diseño propuesto con el fin de dar inicio a las obras de pavimentación.

- La precisión horizontal de los puntos replanteados y materializados es  $\pm 0.03$  m y la precisión vertical de  $\pm 0.01$  m.

- Los vértices replanteados deben ser materializados con algún método de identificación viable, confiable y que permita la correcta visualización, dependiente del tipo de suelo o terreno se deberá adaptar la forma de materialización; clavos con cinta de peligro, estacas de fierro con banderín a no más de 0,20 m de ras de suelo, pintura, etc. En esta etapa no se permitirán estacas de madera, además tendrán que ser balizados en un lugar visible y cercano al vértice de interés.
- Es importante materializar, además, las alturas establecidas en diseño. Para ello se permitirá usar marcas con plumón de óleo, cinta de enmascar (masking tape), pintura o un método que permita su correcta visualización.
- No se permitirá trazado a mano alzada.
- Las curvas o radios de giros deberán ser replanteados por coordenadas o por deflexión angular, con vértices no superiores a 3 m de distancia entre sí.

De indicarse, prevalecerán las exigencias y tolerancias establecidas en las bases del proyecto.

### 6.9.2. REPLANTEO DESDE EL STC

El replanteo de los puntos fundamentales se debe realizar desde el Sistema de Transporte de Coordenadas del estudio o en su defecto, vértices establecidos a partir desde el STC. El proceso de replanteo se puede realizar de dos maneras, dependiendo del instrumento a utilizar para ello (Estación total o tecnología GNSS). En ambos casos, la referencia horizontal y vertical debe apoyarse y referirse al STC o a la PPG.

Los elementos a replantear pueden cargarse previamente en la memoria del instrumento para facilitar la señalización y materialización del punto.

#### 6.9.2.1. Replanteo con Estación Total

El sector donde se emplazará la obra, debe contar con al menos dos vértices con coordenadas conocidas e intervisibles referidos al STC. En el caso, de que el proyecto se realice con coordenadas locales (previa autorización del encargado del proyecto), el topógrafo a cargo del levantamiento del estudio debe materializar dos vértices intervisibles y con coordenadas locales referidas al proyecto, la ubicación de estos vértices debe asegurar su permanencia en el tiempo, el topógrafo, además, entregará al encargado del proyecto las monografías de los vértices correspondientes.

La precisión de los puntos a materializar tiene una tolerancia de 10 cm, por lo que la medición de los puntos en terreno debe asegurar una precisión horizontal de 3 cm. Los replanteos de deben realizar en el sistema de proyección LTM-PTL calculado previamente para el estudio.

En sectores donde no se pueda acceder visualmente, se podrán realizar poligonales auxiliares desde el STC y siguiendo las exigencias de cierre y precisión indicadas en el presente manual.

#### 6.9.2.2. Replanteo con Instrumental GNSS

Los receptores GNSS deben permitir la toma de datos en tiempo real con observación en fase portadora. Dependiendo de la buena comunicación entre el receptor base y el móvil, se podrá determinar la ubicación con 4 segundos.

La estación base se debe instalar en un vértice perteneciente al STC o al PPG, este vértice debe contar con buena cobertura satelital que permite la correcta comunicación con el receptor móvil.

La toma de información se debe realizar en base a un sistema de proyección previamente configurado en la libreta del equipo; LTM-PTL calculado para el estudio.

La configuración de tolerancias de fijación de ambigüedades debe validar la posición horizontal con un error máximo de 3 cm.

## 6.10. ENTREGAS

En el inicio y desarrollo de los trabajos topográficos para el proyecto en cuestión, el encargado del proyecto exigirá diversos informes de avances y topográficos, estos informes deben respetar una estructura pre-definida, las cuales se indican en el presente capítulo.

Independiente del tipo de informe, todos ellos deben ser escritos de una manera clara, para facilitar la lectura e interpretación de ideas. Los informes deben ser escritos en lenguaje culto-formal y en tercera persona, evitando los gerundios.

La fuente para el tipo de letra será Arial 11, se debe evitar el uso de letra cursiva excepto para uso de identificación de palabras en otro idioma diferente al español. El espacio de interlineado será de 1.5.

El formato de los informes debe ser entregado en dos versiones: versión PDF y versión Word (editable). Las dos versiones deben ser idénticas. El índice debe responder a un índice dinámico. Los cuadros de coordenadas deben ser cuadros elaborados en Excel, no se aceptarán cuadros de coordenadas insertados como imagen.

### 6.10.1. INFORME PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS

El informe de planificación de trabajos, debe ser entregado al encargado del proyecto antes de iniciar los trabajos topográficos del estudio, dicho encargado entregará el informe a la Sección de Georreferenciación para su revisión.

El informe debe tener la siguiente estructura:

#### I. Portada

Donde se indique el nombre del estudio, nombre empresa consultora, nombre desarrollo de topografía, nombre responsable profesional de terreno, etc.

#### II. Índice

Lista organizada por páginas de los temas a tratar en el informe.

#### III. Introducción

Presentación clara y concisa de los temas a tratar en el informe.

#### IV. Personal e instrumentos

Indicar la nómina completa del personal profesional que se destinará para la ejecución del trabajo topográfico.

Adjuntar currículum Vitae del personal.

Adjuntar certificados de título del personal.

Adjuntar certificado de calibración de los instrumentos a utilizar en el estudio emitido por un servicio técnico oficial, dicho certificado no debe tener fecha mayor a 6 meses de iniciado los trabajos en terreno.

### **V. Metodología de trabajo**

En este capítulo se debe detallar la metodología que se utilizará para realizar la topografía del estudio. La metodología debe ser clara y concisa, técnicamente apoyada en las exigencias establecidas en el presente Manual; lugar físico de instalación de monolitos (respaldos fotográficos), tiempos de medición, etc.

### **VI. Planificación de los trabajos**

La planificación debe ir apoyada por una Carta Gantt en donde se detallen todas las actividades a realizar en terreno y los tiempos correspondientes, por ejemplo: reconocimiento del terreno, monumentación de la poligonal, vinculación GNSS, nivelación, medición de poligonal, levantamientos, cálculos de poligonales y puntos GNSS, etc.

### **VII. Validación de informe**

En este capítulo, el profesional de la consultora (encargado de la topografía) deberá validar la información contenida en el informe. Debe indicar nombre, Rut y firma.

## **6.10.2. INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO**

El informe técnico topográfico será solicitado por el encargado del proyecto y deberá representar la metodología utilizada en terreno para el levantamiento de información.

El informe debe tener la siguiente estructura:

### **I. Portada**

Donde se indique el nombre del estudio, nombre empresa consultora, nombre desarrollo de topografía, nombre responsable profesional de terreno, etc.

### **II. Índice**

Lista organizada por páginas de los temas a tratar en el informe.

### **III. Introducción**

Presentación clara y concisa de los temas a tratar en el informe.

### **IV. Desarrollo**

- 1.1 Ubicación Proyecto
- 1.2 Vértices SERVIU utilizados
- 1.3 Croquis General de Redes GNSS y Poligonales

**V. Referencia Planimétrica**

- 2.1 Equipo técnico e instrumental utilizado
- 2.2 Metodología de terreno
- 2.3 Monumentación de vértices poligonales GNSS
- 2.4 Georreferenciación
  - 2.4.1 Planificación Carta Gantt
  - 2.4.2 Vinculación GNSS
  - 2.4.3 Poligonal Principal GNSS
  - 2.4.4 Poligonal Primaria
  - 2.4.5 Poligonal Auxiliar
  - 2.4.6 Procesamiento de Datos
  - 2.4.7 Ajuste de residuos

**VI. Referencia Altimétrica**

- 3.1 Equipo técnico e instrumental utilizado
- 3.2 Metodología de terreno
- 3.3 Nivelación Geométrica
  - 3.3.1 Compensación y Tolerancias
  - 3.3.2 Registros de Nivelación Cerrada

**VII. Coordenadas**

- 4.1 Coordenadas Geográficas
- 4.2 Coordenadas UTM
- 4.3 Coordenadas PTL
- 4.4 Consideraciones

**VIII. Anexos**

- 5.1 Monografías
- 5.2 Certificado de Instrumentos
- 5.3 Certificado de Título de Encargado de topografía

#### 5.4 Registros y bitácora

### **IX. Validación de informe**

En este capítulo, el profesional encargado de la topografía deberá validar la información contenida en el informe. Debe indicar nombre, Rut y firma.

La entrega en digital deberá ser en un disco compacto (CD) o la plataforma digital vigente y comprenderá la misma estructura descrita anteriormente. Además se incluirá los archivos GPS en formato universal de trabajo (RINEX), archivos ASCII de puntos, planillas de cálculo, resumen planilla, puntos base PR, registros mediciones GPS, registros de nivelación, registro de poligonales, archivos de dibujo DWG, monografías, etc.

#### **6.10.3. PLANOS**

Los planos topográficos contendrán información recopilada de terreno con la escala y precisión correspondiente a lo indicado. La información contenida en los planos topográficos deberá ser aprobada y validada por la inspección con anterioridad al inicio de la etapa de diseño.

Los planos deben ser desarrollados y entregados en plantillas de dibujo (.dwt) previamente entregadas por el encargado del proyecto o descargadas desde plataforma digital vigente.

Todo plano de proyecto se debe desarrollar en una proyección LTM referida a un PTL, esto con el fin de atenuar errores y asegurar el correcto desarrollo de los proyectos de ingeniería.

El diseño geométrico se debe desarrollar sobre una topografía en proyección LTM-PTL.

Los planos deben contener un cuadro de ubicación general escala 1:10.000, 1:20.000 o una escala que represente de la mejor forma el área de interés. También se debe incorporar información básica como puntos de vinculación al proyecto y puntos base PR, puntos de nivelación entre otra información

## 6.11. EXIGENCIAS SEGÚN TIPO DE INGRESO

### 6.11.1. Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares

Las exigencias topográficas y geodésicas para los proyectos y obras que ingresen a la Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares, en adelante SRIPOP, se clasificarán y establecerán de la siguiente manera:

#### 6.11.1.1.1 Procedimiento Topográfico para Proyectos

Las exigencias topográficas y geodésicas para los proyectos que ingresen a la SRIPOP estarán clasificadas en base a 2 grupos:

##### Grupo A:

- Pavimentación de vías que se encuentren en el PRMS
- Loteos
- Aperturas viales
- Modificaciones viales mayores
- Proyectos específicos que determine SRIPOP

##### Grupo B:

- Rotura y reposición de pavimentos
- Conservaciones viales
- Accesos
- Veredas
- Modificaciones viales menores
- Ciclovías
- Proyectos específicos que determine SRIPOP

Según lo explicado anteriormente, las especificaciones y procedimientos topográficos y geodésicos que deben cumplir los proyectos que ingresen a revisión a la SRIPOP serán los siguientes:

TEMS	SRIPOP	CAPÍTULOS DE REFERENCIA
<b>Profesionales del Estudio Topográfico</b>	Se exigirá que la topografía se desarrolle según lo detallado en el capítulo correspondiente. Se permitirá como responsable de la labor topográfica lo detallado en la clasificación: Personal.	- 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO
<b>Equipos Topográficos</b>	Se aceptará el uso de cualquier equipo topográfico que cumpla con las exigencias y tolerancias especificadas.	- 6.2.2 EQUIPOS TOPOGRÁFICOS
<b>Equipos con Tecnología GNSS</b>	Se aceptará el uso de cualquier equipo Geodésico que cumpla con las exigencias y tolerancias especificadas.	- 6.2.3 EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS
<b>Planificación</b>	No se exigirán antecedentes topográficos previos al inicio del proyecto.	- 6.2.6 PLANIFICACIÓN
<b>Sistemas Globales de Navegación GNSS</b>	Cualquier labor que involucre la utilización de algún sistema global de navegación GNSS debe regirse por las exigencias establecidas. En caso de utilizar esta tecnología el responsable de la labor topográfica deberá ser un Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura.	- 6.3 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

<p><b>Sistemas de Referencia y Proyecciones</b></p>	<p>Se exigirá que la topografía de los proyectos que ingresen a la sección, se desarrollen desde un Sistema de referencia SIRGAS, una proyección LTM/PTL y alturas referidas al Nivel Medio del Mar, según lo detallado y clasificado en los capítulos correspondientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.4 SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES</li> <li>- 6.4.3 Plano Topográfico Local (PTL)</li> <li>- 6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado</li> </ul>
<p><b>Referenciación del Proyecto</b></p>	<p>Se exigirá vinculación a la Red Geodésica de Serviu RM únicamente a los proyectos del <b>grupo A</b>.                      Todos los proyectos (<b>grupo A</b> y <b>grupo B</b>) deberán conformar Poligonales Principales, en el caso de los proyectos del <b>grupo A</b> será en coordenadas desde la proyección LTM/PTL y los del <b>grupo B</b> serán en coordenadas locales, ya que estos últimos no requieren vinculación a la Red Geodésica Serviu (Georreferenciación).                      Se permitirá vinculación y desarrollo de poligonal principal mediante topografía clásica respetando las exigencias detalladas en los capítulos correspondientes.                      La altimetría se debe desarrollar según lo detallado en los capítulos correspondientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.5 REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO</li> <li>- 6.5.1 REFERENCIA PLANIMÉTRICA</li> <li>- 6.5.1.1. Vinculación SIRGAS</li> <li>- 6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)</li> <li>- 6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica</li> <li>- 6.5.2 REFERENCIA ALTIMÉTRICA</li> </ul>
<p><b>Sistema de Transporte de Coordenadas</b></p>	<p>El Sistema de Transporte Coordinado se debe desarrollar según lo detallados en los capítulos correspondientes.                      Se exigirá para todos los proyectos, independientes de su clasificación, que cumpla con lo detallado en el capítulo de densificación de vértices, es decir, se debe materializar un par de vértices con el fin de establecer un control topográfico directo. El par de vértices se debe ubicar en un lugar donde no sea removido en futuros movimientos de tierra, para así asegurar, a falta de exigencias topográficas, un control en el avance topográfico. El par de vértices debe ser claramente identificable en el plano topográfico correspondiente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.6 SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)</li> <li>- 6.6.16.6.2 PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES - 6.6.3 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS - 6.6.4 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS</li> <li>- 6.6.5 DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES</li> <li>- 6.6.6 IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES</li> </ul>
<p><b>Levantamiento Topográfico</b></p>	<p>Se aceptarán únicamente levantamientos coordinados, no se aceptarán levantamientos aerofotogramétrico ni levantamientos mediante laser transportado.                      Las tolerancias del levantamiento topográfico deben responder a una escala 1:1000 según lo establecido.                      Los perfiles longitudinales y transversales se deben desarrollar según lo indicado en los capítulos correspondientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.7 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</li> <li>- 6.7.1 LEVANTAMIENTOS COORDENADOS</li> <li>- 6.7.4 PERFILES TOPOGRÁFICOS</li> </ul>
<p><b>Entregas</b></p>	<p>Los proyectos del <b>grupo A</b> deben adjuntar en sus antecedentes un Informe técnico desarrollado y <b>firmado por el encargado de la topografía</b> (debe indicar nombre, Rut, firma y adjuntar certificado de título), además de los archivos digitales y las monografías de cada uno de los vértices involucrados en las poligonales según lo detallado y exigido en los capítulos correspondientes. Los formatos de entrega deben ser los exigidos en los capítulos correspondientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.10 ENTREGAS</li> <li>- 6.10.2 INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO</li> <li>- 6.10.3 PLANOS</li> </ul>

La sección de Georreferenciación inspeccionará en terreno la conformación de las poligonales según los antecedentes aportados por el proyectista (informe técnico, monografías, registros, etc.).

#### 6.11.1.1.2 Procedimiento Topográfico para Obras

Para las obras que ingresen a inspección de la Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares se exigirán los procedimientos topográficos detallados en el capítulo 6.9 REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD.

La sección de Georreferenciación inspeccionará en terreno la conformación de las poligonales y los avances de la obra según los antecedentes del proyecto.

Para los proyectos detallados en el **grupo A** se exigirá para la recepción provisoria el plano As Built de la obra ejecutada.

## 6.11. ANEXOS

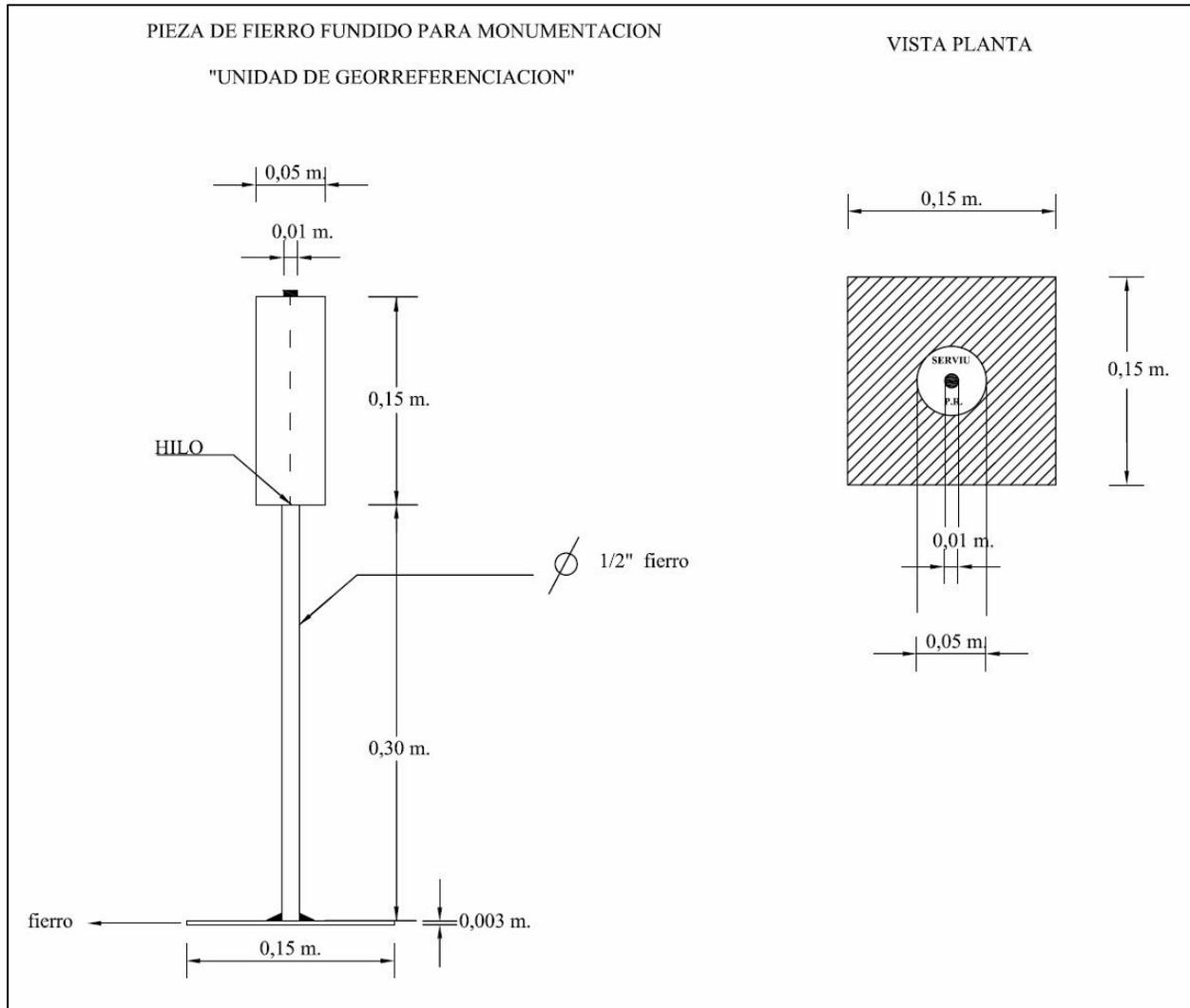
### 6.11.1. MONOGRAFÍA

Solicitar formato en digital a Sección de Georreferenciación o descargar desde plataforma digital vigente.

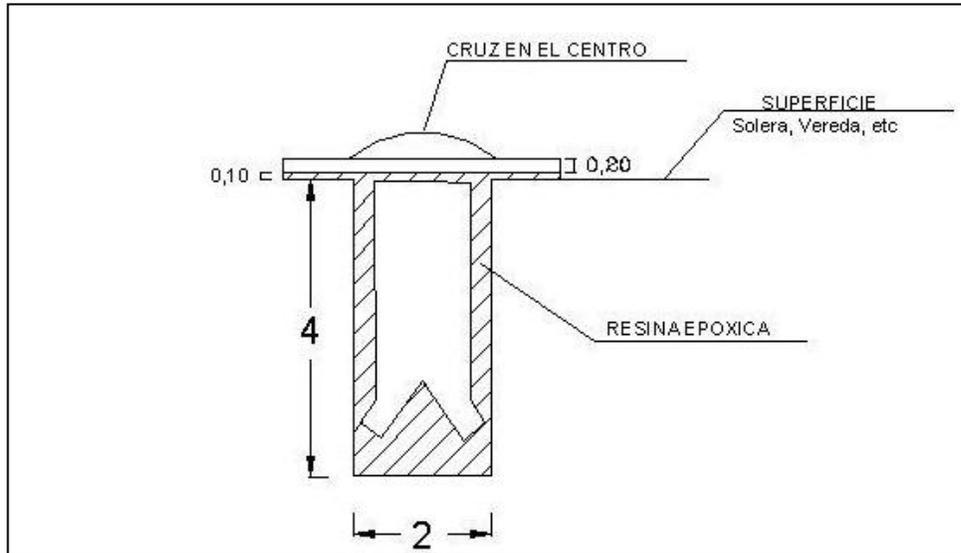
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SERVIU REGIÓN METROPOLITANA SECCIÓN DE GEORREFERENCIACIÓN					
MONOGRAFÍA VERTICE GEODÉSICO		CÓDIGO XXXXX		COMUNA XXXXXX	
PROVINCIA XXXXXXX	INTERVISIBLE CON XXXXX		DIRECCIÓN XXXXXXXXXXXXXXXXXX		
DETALLE DE COORDENADAS					
Sistema de Referencia	XXXXXX	Datum	XXXXX	Marco de Referencia	XXXXXX
Elipsoide	XXXXXX	Época	XXXXX	Zona	XXXXXX
Latitud	Geodésicas		Precisión	XXX m	
Longitud					
Norte	Universal Transversal Mercator		Norte	XXXXXXXXX	Plano Topográfico Local
Este			Este	XXXXXXXXX	
Cota	Nivel Medio del Mar		Poligonal	XXXXXX	
Altura	Elipsoidal Ortométrica				
Croquis General			Fotografía		
Detallado			Descripción		
Observación					

6.11.2. MONUMENTACIÓN

Tipo 1: Monolito tipo ubicado en terreno perteneciente a la Red Geodésica SERVIU RM



**Tipo 2:** Materialización de vértices de la Poligonal



Medidas expresadas en centímetros.

<b>7</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS</b>	<b>3</b>
<b>7.1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>3</b>
7.1.1	Excavación en Zanja	3
7.1.2	Excavación a Mano en el Fondo de la Zanja	4
7.1.3	Escarpe	4
7.1.4	Entibaciones	4
7.1.5	Sello de Fundación	5
7.1.6	Relleno de Excavaciones	5
7.1.6.1	Cama de apoyo de tuberías (Relleno Tipo 1)	5
7.1.6.2	Relleno de excavaciones Tipo 2 ( Entre Base del tubo y 30 cm sobre la clave)	6
7.1.6.3	Relleno de excavaciones Tipo 3 ( 30 cm por sobre la clave hasta el nivel de terreno natural o la subrasante de pavimento)	6
7.1.7	Retiro y Transporte de Excedentes	6
<b>7.2</b>	<b>TUBERÍAS PARA COLECTORES</b>	<b>7</b>
7.2.1	Conexión de Distintos Tipos de Tuberías o Diámetros	7
7.2.2	Dado de Refuerzo de Tubería	7
7.2.3	Suministro, Transporte, Acopio, Instalación	7
<b>7.3</b>	<b>TUBERÍAS DE HORMIGÓN PARA COLECTORES</b>	<b>7</b>
7.3.1	Definiciones (según NCh 184/1)	7
7.3.2	Normas	8
7.3.3	Suministro, Transporte, Instalación de Tuberías	8
7.3.4	Colocación de los tubos	8
7.3.5	Uniones	9
<b>7.4</b>	<b>TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA COLECTORES</b>	<b>9</b>
7.4.1	Definiciones	9
7.4.2	Normas	9
7.4.3	Transporte	10
7.4.4	Recepción y Acopio	11
7.4.5	Uniones	11
7.4.6	Piezas Especiales	12
<b>7.5</b>	<b>CAJONES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PARA COLECTORES</b>	<b>12</b>
7.5.1	Normas	12
7.5.2	Suministro, Transporte, Instalación de Tuberías	12

<b>7.6 TÚNEL LINER PARA COLECTORES</b>	<b>13</b>
7.6.1 Normas	13
7.6.2 Calificador del Instalador	14
7.6.3 Cálculo Estructural	14
7.6.4 Proceso Constructivo	14
7.6.5 Tolerancias	18
<b>7.7 CÁMARAS DE INSPECCIÓN TIPO</b>	<b>18</b>
<b>7.8 TAPA DE CÁMARA TIPO CALZADA</b>	<b>19</b>
<b>7.9 ESCALINES</b>	<b>19</b>
<b>7.10 SUMIDERO DE AGUAS LLUVIAS TIPO</b>	<b>19</b>
<b>7.11 OBRAS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL CON MOLDAJE</b>	<b>23</b>
7.11.1 Materiales	23
7.11.2 Procedimiento de Trabajo	23

## 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS

Las Especificaciones Técnicas Especiales (E.T.E.) contienen disposiciones adicionales a las Especificaciones Generales. Estas abarcan y definen las condiciones peculiares de la obra y priman sobre las instrucciones generales.

### 7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

Este subcapítulo comprende todas las partidas del movimiento de tierras necesario para la colocación de sumideros y sus conexiones u otras que pudiesen ser necesarias

#### 7.1.1 Excavación en Zanja

Antes de iniciar las excavaciones, el Contratista deberá asegurarse de disponer oportunamente de todos los materiales y equipos necesarios para el normal avance de las obras. No se permitirá que las zanjas se mantengan abiertas por más tiempo que el necesario para la colocación de las tuberías. Esto tiene por objeto evitar derrumbes y/o perjuicios que pudieran afectar a las obras y al público, siendo de total responsabilidad del Contratista los problemas que pudieran resultar por el no cumplimiento de tales recomendaciones.

El Contratista deberá utilizar entibación necesaria para posibilitar la seguridad de las excavaciones cuando se comprometa la seguridad de los trabajadores y de la infraestructura colindante.

La Inspección autorizará el inicio de las excavaciones una vez recibidos los trazados. La I.T.O. debe aprobar los procedimientos y equipos de excavación, sellos, colocación y compactación de los materiales. Las profundidades serán las indicadas en los perfiles longitudinales del proyecto, más el espesor necesario para colocar la cama de apoyo cuando ésta se ha especificado. Las excavaciones deberán contemplar las dimensiones adicionales para dar cabida a cámaras de inspección y otros elementos similares.

Deberán respetar la forma, dimensiones y taludes detallados en los planos de proyecto. Los volúmenes de excavación que se señalan corresponden a una cubicación geométrica de las secciones resultantes de aplicar los criterios indicados.

Las calidades de terreno están indicadas en las Especificaciones Técnicas del Proyecto y en los planos correspondientes.

Para tuberías de hasta 600 mm proyectada, el ancho en el fondo de la zanja deberá ser igual al diámetro nominal del tubo más 0.6 m. La pared de la zanja se ha supuesto vertical para profundidades mayores a 2 m y con taludes 1/10 para profundidades menores 2m.

La protección de estructuras o instalaciones enterradas, como cámaras, cañerías, fundaciones de edificios, etc. será responsabilidad del Contratista, quién deberá reparar a su cargo las estructuras o instalaciones que resulten dañadas por la ejecución de los trabajos. Cualquier daño provocado a terceros como consecuencia de las excavaciones será de exclusiva responsabilidad del Contratista, quién deberá cubrir los gastos de reparación que se originen.

No habrá reclasificación de los materiales excavados los que serán considerados en su totalidad como material común.

El Contratista deberá prever los sistemas necesarios para agotar las infiltraciones de aguas al lugar de las excavaciones. Además, deberá tomar todas las precauciones necesarias para drenar o desviar las aguas superficiales afluentes a la excavación, evitando que éstas penetren a ella.

El Contratista deberá incorporar en su precio unitario, dependiendo del método constructivo que utilice, la mayor excavación que requiera efectuar para ejecutar la obra, especialmente en el caso de zanjas profundas en los terrenos con tendencia al desmoronamiento.

En el caso de producirse sobre-excavaciones, éstas serán de cargo del Contratista y deberán rellenarse según se especifica en el ítem "Relleno de Excavaciones"

Del material existente excavado, se solicitará 1 análisis de Mecánica de Suelos por cada 200 metros lineales. Este deberá contener Granulometría (Tamaño máximo 3"), Índice de Plasticidad ( $IP \leq 10$ ) y Razón de Soporte California ( $CBR \geq 10\%$ ). El material a analizar deberá estar libre de material orgánico, escombros, arcillas expansivas o limos colapsables, para poder ser utilizado en los Rellenos Tipo 2 y Tipo 3 a definir más adelante, si cumplen con lo anteriormente descrito.

En caso contrario, el material deberá ser aportado en forma externa tal que cumpla con lo anteriormente especificado.

Con la misma frecuencia, será necesario obtener el Proctor Modificado para el muestreo de densidades.

### **7.1.2 Excavación a Mano en el Fondo de la Zanja**

La excavación en zanjas en el estrato de terreno común podrá realizarse a mano o a máquina. Cuando la excavación se ejecute con máquinas, ésta deberá detenerse 20 cm por sobre la cota de excavación indicada, continuándose en forma manual hasta llegar al sello.

El fondo de las excavaciones, aun cuando se considere cama de apoyo, deberá quedar suficientemente plano, eliminándose todas las protuberancias y rellenando las depresiones existentes, compactando el terreno de fundación adecuadamente. El nivel de sello de las excavaciones deberá ser autorizado por la ITO, una vez que el Contratista efectúe ensayos y demuestre mediante certificados emitidos por un laboratorio reconocido y aceptado.

### **7.1.3 Escarpe**

A medida que se ejecutan las excavaciones y hasta que se inicia el relleno de las zanjas, deben mantenerse libres de material excavado a ambos costados de la zanja en un ancho mínimo de 0.50 m. Se ha considerado un escarpe correspondiente al 50% del volumen excavado desde 0 m a 2 m de profundidad y al 100% de las excavaciones sobre 2 m.

Las excavaciones se ejecutarán conforme a los ejes, dimensiones, cotas y pendientes establecidas en los Planos del Proyecto.

### **7.1.4 Entibaciones**

Para no comprometer la estabilidad de las calles laterales, ante la necesidad de seguridad de los trabajadores y en donde por motivos de espacio no se pueda desarrollar taludes se requerirá entibar la excavación.

Las entibaciones que utilice el contratista deberán ser autorizadas por la ITO previamente a su construcción sin que esto releve al contratista de su responsabilidad. En todo caso, deberá presentar el proyecto y el cálculo estructural correspondiente sobre la base de los antecedentes proporcionados en el Informe de Mecánica de Suelos que el realice. Toda disposición de seguridad en la excavación debe cumplir con la norma NCh 349.

Las entibaciones deben cumplir con:

- La entibación cubrirá todo el ancho de la zanja de reposición, es decir, no podrá haber espacios vacíos entre la pared de la entibación y el suelo, en particular, a nivel de superficie. Si por alguna razón esto no se cumple, la reposición de pavimento abarcará las pistas laterales a la zanja, incluyendo las capas granulares (base y subbase).
- Se acepta exclusivamente sistemas metálicos de entibación, salvo que se justifique detalladamente en memorias de cálculo, otros sistemas como madera, para lo cual deberá realizarse los ensayos de suelo correspondientes para determinar los parámetros  $c$  y  $\phi$  y los correspondientes análisis de estabilidad. Las características de la entibación deben seleccionarse en función de las condiciones de cada proyecto, en particular se tendrá especial atención al suelo, su humedad y posibles cargas de tránsito laterales a la excavación.
- El retiro de las paredes de entibación deberá ser paulatino, a medida que se va compactando y recibiendo las capas de compactación, la altura máxima entre retiros sucesivos de la pared de entibación no podrá superar 1 m.
- El personal no debe ingresar a la excavación en zonas sin entibar

### 7.1.5 Sello de Fundación

El terreno se prepara de manera de obtener una superficie de soporte pareja y homogénea, exenta de material suelto o de origen orgánico, el que, si existe, se remueve y reemplaza por material adecuado. Las excavaciones se realizan hasta el nivel indicado en el proyecto y se procede a compactar la capa superior de acuerdo con las especificaciones.

Las densidades de compactación serán analizadas cada 60 metros lineales de zanja y deberá cumplir con el 95% del Proctor Modificado.

### 7.1.6 Relleno de Excavaciones

Después de construidas las obras correspondientes a las excavaciones y con la autorización de la I.T.O., se procederán a rellenar hasta dar a los terrenos los niveles indicados en los planos del proyecto, o en su defecto, el existente antes de la ejecución de las obras.

Las cubriciones de rellenos consideran los volúmenes geométricos por rellenar.

El Contratista deberá entregar los rellenos bien consolidados, reconstituyéndose el estado de compactación del suelo.

#### 7.1.6.1 Cama de apoyo de tuberías (Relleno Tipo 1)

Este relleno consiste en material colocado como cama de apoyo de los tubos del colector de aguas lluvias. Para diámetros de hasta 1000 mm., se podrá utilizar arena, considerando un

tamaño máximo de entre #4 a #200 (5 mm. a 0,08 mm.). El espesor de la capa deberá ser máximo 15 cm. y mínimo 10 cm. La densidad de compactación será analizada entre cámaras y/o cada 60 metros lineales y deberá tener un 80% de la densidad relativa o bien, un 95% de la D.M.C.S. obtenida del Proctor modificado. Su IP no deberá ser mayor a 10. Para mayores diámetros de colectores, se aceptará Gravilla como cama de apoyo del tubo, considerando un tamaño máximo de 13 mm. o 1/2".

#### **7.1.6.2 Relleno de excavaciones Tipo 2 ( Entre Base del tubo y 30 cm sobre la clave)**

Esta capa de relleno se colocará sobre la cama de apoyo y hasta 30 cm por sobre el manto del ducto.

Se utilizará los mismo suelos permitidos para los rellenos "Tipo 1", pero limitado a un tamaño máximo de 1/2".

Esta capa se compactará en forma manual y cuidadosamente para no dañar los tubos, la compactación se efectuará por capas de espesor suelto no mayor a 10 cm cada una, hasta obtención de un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado o hasta una Densidad Relativa mínima del 80 %.

Este relleno podrá materializarse también en material autonivelante de resistencia a compresión mínima de 3 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, es decir, del tipo RDC 3.

#### **7.1.6.3 Relleno de excavaciones Tipo 3 ( 30 cm por sobre la clave hasta el nivel de terreno natural o la subrasante de pavimento)**

Capa de suelo heterogéneo proveniente de la excavación, seleccionando de modo de no contener piedras de tamaño mayor a 2", restos de escombros y materia orgánica. Si fuera necesario recurrir a otras fuentes de empréstitos, se utilizará de preferencia suelos granulares correspondientes a arenas y gravas de tamaño máximo 2", en caso que por motivos económicos sea más conveniente emplear suelos finos, este deberá está libre de materia orgánica, sales solubles y productos de deshecho. No debe poseer características singulares (arcillas expansivas o limos colapsables).

Esta capa de relleno deberá ser compactada mecánicamente hasta obtención de un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado o a una Densidad Relativa no inferior al 80% (NCH 1726) en caso que el suelo a utilizar para relleno contenga no más de 12% de finos acumulados pasando la malla ASTM200 en un ensaye granulométrico. Su análisis será cada 60 metros lineales de zanja y/o entre cámaras. Su colocación se dispondrá en capas no mayores a 20 cm. de material suelto.

#### **7.1.7 Retiro y Transporte de Excedentes**

Los excedentes de tierra de las excavaciones, roturas de pavimentos y otros materiales no utilizados en los rellenos deberán ser transportados a botadero, los cuales deberán ser ubicados por el Contratista.

Los botaderos serán lugares autorizados para ser utilizados como tal, debiendo obtener el Contratista los permisos correspondientes. El contratista deberá preocuparse de la mantención de

los botaderos, de depositar el material en forma ordenada y de manera de permitir el escurrimiento de las aguas. El material se depositará con taludes estables.

Se estima el volumen de excedentes en un 20% del volumen excavado, más el 110% del volumen desplazado por las cañerías e instalaciones.

## 7.2 TUBERÍAS PARA COLECTORES

### 7.2.1 Conexión de Distintos Tipos de Tuberías o Diámetros

Para hacer estas transiciones y conectar tuberías de distintos tipos pero del mismo diámetro o en algunos casos diámetros distintos, es a través de un anillo de hormigón. Un anillo de hormigón se puede fabricar ubicando de tope los dos extremos de los tubos a unir, envolviendo la unión con un geotextil con el fin de mantener lejos el suelo y el concreto, y luego vertiendo hormigón alrededor de los extremos de ambos tubos.

Otra opción puede ser utilizando accesorios diseñados específicamente para esta aplicación, que garantice la impermeabilidad de la unión.

### 7.2.2 Dado de Refuerzo de Tubería

En caso de que la tubería se encuentre a una profundidad de hasta 0,60 [m] (medida entre rasante y clave) deberá disponerse un dado de refuerzo en hormigón armado. En caso de que la tubería se encuentre a una profundidad entre 0,60 y 1,20 [m] deberá disponerse un refuerzo en hormigón simple. Finalmente si la tubería se encuentre a una profundidad mayor a 1,20 [m] no es necesario refuerzo. Estas indicaciones aplican para tuberías bajo calzadas de tránsito vehicular.

El dado de refuerzo de hormigón se construirá con un dado de hormigón H-25, de lado igual a Diámetro exterior + 0,3 metros, con una enfierradura cuadrada, con acero A63-42H. Se considerará una pérdida de 5% por despunte en las barras de acero.

### 7.2.3 Suministro, Transporte, Acopio, Instalación

Dependiendo de la materialidad de las tuberías y en cada una de las acciones de transporte, acopio e instalación, el Contratista debe asesorarse y aplicar las recomendaciones del fabricante.

## 7.3 TUBERÍAS DE HORMIGÓN PARA COLECTORES

### 7.3.1 Definiciones (según NCh 184/1)

- Tubo: Pieza prefabricada de hormigón de sección circular en toda su longitud, excepto en sus extremos.
- Tubo Hormigón de Base Plana (THBP): Tubo que incluye una cama de apoyo incorporada monolíticamente, del mismo material base de la pieza.
- Tubo Hormigón Simple (THS): Tubo que no lleva armadura, o en caso de existir ésta no tiene función estructural.
- Tubo de Hormigón Armado (THA): Tubo con armadura de acero que cumple una función estructural.

- Unión: partes extremas del tubo utilizadas para obtener la continuidad entre un tubo y otro: unión campana-espiga (CE), o unión de medio espesor (ME).

**7.3.2 Normas**

NCh 184/1	Conductos prefabricados de hormigón para alcantarillado - Parte 1: Tubos circulares de hormigón simple, tubos de base plana de hormigón simple y tubos de base plana de hormigón - Requisitos generales.
NCh 184/2	Conductos prefabricados de hormigón para alcantarillado - Parte 2: Tubos de hormigón armado de sección circular - Requisitos generales.
NCh 185	Conductos prefabricados de hormigón para alcantarillado - Métodos de ensayo.
NCh 1362	Alcantarillado - Prueba de impermeabilidad.
ASTM C76M	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe.
ASTM C443M	Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets.
ASTM C497M	Standard Test Methods for Concrete Pipe, Manhole Sections, or Tile.

**7.3.3 Suministro, Transporte, Instalación de Tuberías**

El transporte y acopio en obra deberá efectuarse con los métodos y procedimientos indicados por el fabricante, que eviten daños en ellos, particularmente en sus extremos. El uso de cables pasados por el interior de los tubos será prohibido.

El Contratista deberá hacerse asesorar convenientemente por él o los fabricantes de las tuberías, en todo lo que se refiere a: recepción, transporte, manipulación, colocación y prueba de dichos elementos.

En general está prohibido rodar los tubos para desplazarlos por lo que se recomienda depositarlos lo más próximo a la zanja para evitar nuevos traslados.

Las uniones, anillos de goma y lubricantes, deben ser almacenados en cajas, en lugares limpios y secos, hasta que sean requeridos para su colocación. Los anillos de goma deberán protegerse de la luz solar, aceites, grasas y fuentes de calor.

Previo a la colocación de los tubos y su unión en las zanjas, éstos se inspeccionarán cuidadosamente para detectar cualquier daño que hubiese ocurrido durante el transporte, manipulación o almacenamiento.

**7.3.4 Colocación de los tubos**

En la colocación de cañerías deberá tomarse las máximas precauciones posibles en la preparación de la base de apoyo, debiendo obtenerse un apoyo continuo del tubo. No se aceptará de ninguna manera que el tubo quede apoyado a en una sola generatriz.

No se deberá permitir la presencia de arcilla inmediatamente alrededor del tubo, ya sea para encamado, relleno lateral o superior.

Los tubos se instalarán en la cama de apoyo definida para cada diámetro y tipo de tubo.

Los tubos irán colocados sobre las camas de apoyo indicadas en los planos, confeccionados de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas, y cuidando de mantener las pendientes y cotas establecidas en los planos de proyecto. La ITO deberá aprobar las camas de apoyo.

### **7.3.5 Uniones**

Las uniones de tubos de terminales campana y espiga de  $d \leq 300$  mm, se emboquillarán con un mortero de dosis mínima de 800 kg de cemento/m<sup>3</sup> y arena fina que pase por el tamiz 0,5 mm.

Los tubos de alta resistencia, con unión flexible de goma, deben considerar especial cuidado para no dañar las superficies de montaje de la goma en los elementos de ensamble.

Se procederá a limpiar los terminales de ambos tubos, espiga y campana, se coloca la goma en su asiento de la espiga y se aplica grasa lubricante en toda la superficie de la campana, si el fabricante lo recomienda, destacando que existen uniones de goma autolubricadas que no requieren la aplicación señalada.

Se alinean los tubos introduciendo la espiga en la campana, dejando la separación que especifique el fabricante.

El ensamble debe ser realizado mediante un esfuerzo ejercido axialmente en tubos apoyados y bien alineados, con un tirador mecánico o huinche de palanca manual, o un equipo similar. Se rechazará el empleo de chuzos palancas o equipos que puedan dañar los extremos al ejercer un ensamble brusco y desalineado.

La espiga del tubo deberá ir en la dirección de aguas abajo, a favor de la pendiente.

## **7.4 TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA COLECTORES**

### **7.4.1 Definiciones**

- Diámetro Nominal: Esta definición depende del tipo de tubo. En tubos lisos, corresponde al diámetro exterior, en tubos corrugados corresponde al diámetro del eje neutro, el tubos de pared celular corresponde al diámetro interior.

Los tipos de tuberías PEAD reconocidos son:

- Liso: de pared sólida, interior y exterior liso.
- Perfilado: de interior liso y corrugado exterior.
- Celular: de pared interior y exterior casi liso, con celdas ocultas.

### **7.4.2 Normas**

NCh 43                      Selección de muestras al azar.

NCh 44	Inspección por atributos. Tablas y procedimientos de muestreo.
NCh 398/1	Tuberías y accesorios de polietileno (PE) para agua potable - Requisitos - Parte 1: Tuberías.
NCh 398/2	Tuberías y accesorios de polietileno (PE) para agua potable - Requisitos - Parte 2: Accesorios.
ASTM D 638	Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
ASTM D1238	Standard Test Method for Flow Rates of Thermoplastics by Extension Plastometer.
ASTM D 1248	Standard Specification for Polyethylene plastic molding and extrusion materials.
ASTM D 1693	Standard test method for environmental stress-cracking of ethylene plastics.
ASTM D 3350	Standard Specification for Polyethylene plastic pipe and fitting materials.
ASTM F 894	Standard Specification for Polyethylene (PE) Large Diameter Profile Wall Sewer and Drain Pipe.
ASTM F 2306	Standard Specification for 12 to 60 in. [300 to 1500 mm] Annular Corrugated Profile Wall Polyethylene (PE) Pipe and Fittings for Gravity Flow Storm Sewer and Subsurface Drainage Applications.
DIN 8074	High density polyethylene (HDPE) pipes – Dimensions.
DIN 8075	High density polyethylene (HDPE) pipes - General quality requirements – testing.
ISO 4427	Polyethylene (PE) pipes for water supply – Specifications.
ISO 12162	Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications -- Classification and designation -- Overall service (design) coefficient.
AASHTO M294	Standard Specification for Corrugated Polyethylene Pipe, 300- to 1500-mm Diameter.

**7.4.3 Transporte**

El transporte de las tuberías, uniones y piezas especiales deberá hacerse siguiendo las estipulaciones del fabricante, y a lo menos se debe considerar lo siguiente:

- Los tubos deben estar uniformemente apoyados en toda su longitud durante el transporte, y no deben sobresalir en más de 1 m de la carrocería que los transporta.
- Los tubos y accesorios no deben estar en contacto con salientes cortantes que puedan dañarlos, por ende se recomienda topes de madera para estibar la carga.
- No se deben insertar tubos de menor diámetro al interior de otros de diámetro mayor.

#### 7.4.4 Recepción y Acopio

Para la descarga de los tubos en obra deberá disponerse de elementos manuales o equipos mecanizados adecuados al sistema de transporte utilizado y el peso de los tubos, y a lo menos se debe considerar lo siguiente:

- La descarga desde un camión debe hacerse en forma cuidadosa, de modo de no dañar la superficie, ni los extremos del tubo.
- Para la descarga deben usarse bandas textiles y en ningún caso cables de acero o cadenas.
- Las tuberías no deben ser lanzadas al piso.
- El acopio debe efectuarse colocando las tuberías sobre una superficie plana sin estar en contacto con cargas puntuales, disponiéndolas alternativamente en capas.
- Al usar distanciadores de madera, éstos no se deben separar más de 2 m entre sí.
- La altura máxima de apilamiento es de 2 m.
- La tubería sólo requiere protección de la radiación U.V. y de daño producto de golpes. Por lo antes expresado se requiere que al instalar la tubería, ésta quede siempre enterrada, o bien protegida de la radiación solar.

#### 7.4.5 Uniones

La unión entre tuberías o uniones a cámaras se confeccionará de la tal forma que sea hermética.

- Termofusión: Se utiliza una plancha calentadora para producir la plastificación del material, obtenida la plastificación del material, se retira la plancha calentadora y se une los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que estemos realizando, durante el tiempo especificado. Los parámetros básicos a considerar son: Temperatura de la plancha calentadora., Tiempo de calentamiento y Presión (de calentamiento y unión).
- Electrofusión: Se realiza con accesorios que llevan incorporado una resistencia. Este accesorio se conecta mediante dos bornes a una máquina que suministra tensión, que origina la circulación de corriente eléctrica a través de la resistencia. La temperatura que genera la resistencia plastifica tanto el tubo como el accesorio. El parámetro básico es el tiempo de la conexión del accesorio a la campana de electrofusión. La presión necesaria para la unión viene dada por la interferencia que se produce al plastificarse el tubo y el accesorio.
- Unión Bridada: Se denomina a las uniones mediante bridas que se ubican en el extremo del tubo. La unión es ajustada con bridas y pernos. Este tipo de unión se emplea para empalmes a accesorios, válvulas, equipos de bombeo o elementos de un sistema que se empalmen mediante bridas. Para acondicionar un tubo con empalme bridado debe emplearse piezas stub end que lo soporten, estas piezas irán termofusionadas al tubo.
- Campana-Espiga con Anillo de Goma

#### 7.4.6 Piezas Especiales

El sistema de unión por termofusión permite realizar diferentes tipos de piezas especiales como codos, confluencias, ampliaciones de diámetro (reducciones), etc.

El uso de piezas especiales serán las especificadas en el proyecto. Si durante la construcción, el Contratista solicita el uso de piezas especiales, el uso de éstas deberá ser previamente autorizado por la ITO. El costo adicional que signifique el uso de piezas especiales no señaladas en el proyecto será de costo del Contratista.

### 7.5 CAJONES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PARA COLECTORES

#### 7.5.1 Normas

NCh 184/3	Conductos prefabricados de hormigón para alcantarillado - Parte 3: Conductos de hormigón armado de sección rectangular - Requisitos generales.
NCh 185	Conductos prefabricados de hormigón para alcantarillado - Métodos de ensayo.
NCh 1362	Alcantarillado - Prueba de impermeabilidad.
ASTM C76M	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe.
ASTM C443M	Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets.
ASTM C497M	Standard Test Methods for Concrete Pipe, Manhole Sections, or Tile.

#### 7.5.2 Suministro, Transporte, Instalación de Tuberías

Los cajones deberán manipularse con las precauciones debidas para que no sufran daños o golpes, tanto durante el transporte como en la etapa de carga, descarga y durante el movimiento interno de la faena, debiéndose usar equipos mecánicos.

El transporte y acopio en obra deberá efectuarse con los métodos y procedimientos indicados por el fabricante, que eviten daños en ellos, particularmente en sus extremos. El uso de cables pasados por el interior de los cajones será prohibido.

El Contratista deberá hacerse asesorar convenientemente por él o los fabricantes de los cajones, en todo lo que se refiere a: recepción, transporte, manipulación, colocación y prueba de dichos elementos.

Las uniones, anillos de goma y lubricantes, deben ser almacenados en cajas, en lugares limpios y secos, hasta que sean requeridos para su colocación. Los anillos de goma deberán protegerse de la luz solar, aceites, grasas y fuentes de calor.

Previo a la colocación de los cajones y su unión en las zanjas, éstos se inspeccionarán cuidadosamente para detectar cualquier daño que hubiese ocurrido durante el transporte, manipulación o almacenamiento.

En la colocación de cajones deberá tomarse las precauciones posibles en la preparación de radier de apoyo, debiendo obtenerse un apoyo continuo del cajón, cuidando de mantener las pendientes y cotas establecidas en los planos de proyecto.

**7.6 TÚNEL LINER PARA COLECTORES**

Esta especificación describe los procedimientos comunes a ser considerados en la instalación de túnel liner. Estos túneles, ejecutados por excavación y montaje de planchas de acero corrugado, tienen su revestimiento determinado en función de la agresividad del medio, pudiendo ser galvanizado, epóxico, o bien acero negro. En este último caso, se aplicará un revestimiento posterior de hormigón como protección.

La verificación estructural del espesor de los tubos se indica en los anexos de este informe y se realizó basado en el capítulo 16 del manual AASHTO.

Las condiciones de carga, traslado, descarga, acopio y en general el uso de las placas del TL y de sus elementos complementarios (mecanismos de sujeción) se efectuará conforme a las indicaciones del proveedor y/o fabricante, salvo en el caso de discrepancias con los alcances del proyecto, situación en la que prevalecerá lo indicado en éste documento o lo que determine la ITO.

La metodología constructiva de instalación y revestimiento del TL deben encontrarse en el Plan de Autocontrol de Calidad de Obras.

La identificación de riesgos con sus correspondientes medidas de prevención debe encontrarse señalados en el programa de prevención de riesgos del contrato.

Las características técnicas del túnel liner especificado, diámetro, espesor, profundidad de emplazamiento y distancia entre piques corresponden a las que se señalan en los planos del proyecto.

**7.6.1 Normas**

NCh 223	Construcción - Planchas acanaladas onduladas de acero recubiertas – Requisitos.
NCh 300	Elementos de fijación - Pernos, tuercas, tornillos y accesorios - Terminología y designación general.
NCh 301	Pernos de acero con cabeza y tuerca hexagonales.
NCh 532	Acero - Planchas acanaladas de acero zincado para tubos – Especificaciones.
NCh 563	Asfalto para tubos de planchas acanaladas de acero zincado – Especificaciones.
NCh 567	Tubos de planchas acanaladas de acero zincado – Especificaciones.
NCh 570	Recubrimiento de zinc por inmersión en caliente en artículos de ferretería – Especificaciones.
NCh 2462	Construcción - Conductos de acero corrugado para ser enterrados con luces inferiores o iguales a 8 m - Especificaciones de diseño y cálculo.

ASTM A36	Standard Specification for Carbon Structural Steel.
ASTM A307	Standard Specification for Carbon Steel Bolts, Studs, and Threaded Rod 60000 PSI Tensile Strength.
ASTM A563	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts.

### 7.6.2 Calificador del Instalador

El instalador deberá mostrar experiencia comprobable en la ejecución de túneles en suelo blando bajo carreteras o vías férreas, según sea el caso. Deberá poseer personal entrenado en faenas comunes en minería, tales como: métodos de sostenimiento y refuerzo, inyecciones y montaje de estructuras metálicas. Deberá disponer del equipo para la inyección a presión de mortero, de forma de asegurar el buen contacto de la plancha de túnel liner con el terreno circundante. Todo lo anterior, con el objeto de prevenir y controlar eventuales deformaciones de pavimentos o vías férreas.

### 7.6.3 Cálculo Estructural

La selección del espesor de plancha que se utilizará en la estructura es función del tipo de suelo a ser excavado, diámetro del túnel, altura de relleno y cargas de tráfico. A su vez la verificación del espesor de las estructuras Túnel Liner se ha realizado siguiendo los procedimientos indicados en la norma AASHTO capítulo 16.

### 7.6.4 Proceso Constructivo

Las obras tienen el siguiente proceso de ejecución:

- **Replanteo:**

A través del levantamiento topográfico de la región, se hace el replanteo en el terreno, definiendo el eje del túnel a ejecutar, así como los puntos de inflexión de las cámaras, etc. Previamente, se debe replantear la posición exacta de los colectores de aguas servidas dispuestos a ambos lados del túnel, debiendo mantener una distancia horizontal libre mínima de 1.5m entre el colector existente de aguas servidas y el borde de la excavación para el túnel.

- **Ataque directo:**

Para el inicio se montan tres anillos fuera del talud, respetándola nivelación y alineamiento del proyecto, los que emplean como plantilla. Este conjunto se bloquea restringiendo su desplazamiento. Luego se efectúa la excavación del frente de ataque dando inicio a la instalación.

Este procedimiento no será posible normalmente en obras urbanas, en las cuales será necesario el empleo de piques de ataque verticales.

- **Pique vertical:**

Para el inicio se arman tres anillos de acero fuera de la excavación, respetando la nivelación y alineamiento del proyecto, los que se emplean como plantilla. Se ubicarán puntos convenientes en los pozos de ataque para la instalación de esta estructura. Estos serán revestidos y apuntalados perimetralmente en los casos en que a juicio de la

inspección técnica de obra se encuentre comprometida la estabilidad de las paredes del pozo.

Esta estructura produce un área suficiente como para alojar en posición conveniente un volumen suficiente de material excavado permitiendo la extracción vertical del mismo. Además la estructura tendrá pórticos de sustentación para las vías metálicas, que permitirán el transporte vertical del material desde el fondo del pozo con un huinche neumático. Es de notar que en cada pozo en ambos frentes de servicio estamos ocupando un área muy restringida en la superficie de la calle. De este modo, todas las actividades de las cercanías de la obra, pueden continuar sin sufrir la menor interferencia o disturbio, inclusive con el mantenimiento normal del tráfico vehicular.

- **Agotamiento:**

En caso de existir agua, en el fondo del pique se excavará un pozo donde se colocará una bomba eléctrica de pozo. A este pozo, que debe estar en cota más baja que el túnel liner, se canalizará el agua de infiltración que escurre por las paredes del pique de ataque y del techo del túnel que confluyen a la zona de trabajo.

- **Excavación y montaje:**

Una vez excavados los frentes o piques de ataque verticales en el extremo de trabajo del túnel, se inicia el proceso de ejecución del túnel liner con la instalación de un soporte metálico debidamente afianzado a las planchas del tunelado, el cual tendrá una plataforma y un huinche en la parte superior que permitirá la extracción del material de excavación. Se replantea el eje de alineación del túnel en el frente de ataque y comienzan las sucesivas series de excavación y montaje de los anillos apernados de acero, cuyos detalles se indican más adelante.

Replantear el eje de la obra. Seguido a la alineación en el pozo de ataque, se comienza la excavación, la que debe ejecutarse sin permitir los desmoronamientos, para lo cual se podrá aplicar lechada de cemento con acelerante, y en casos extremos, antes de excavar efectuar inyecciones en el terreno sobre la bóveda que se excavará. Estas actividades las ejecuta el especialista en construcción de túnel liner, quien utilizará planchas de acero, con recubrimiento de zinc por inmersión en caliente con un mínimo de 610 gr-Zn/m<sup>2</sup>, sumando ambas caras. El espesor de la chapa está dimensionado para resistir carga del tipo camión H20, además de la carga muerta debida a la cuña de suelo sobre la generatriz superior del anillo.

La siguiente etapa consiste en el montaje del primer anillo, apernando las planchas de éste al anillo anterior y entre sí, comenzando desde la clave y descendiendo en forma simétrica hacia ambos lados hasta lograr cerrar la estructura. Después de montado el primer anillo del Túnel Liner, la repetición de una nueva serie de operaciones permitirá el montaje del anillo siguiente y así sucesivamente. Cada anillo tiene una longitud en su ancho de 0.457m y se compone de determinado número de chapas corrugadas, galvanizadas, en función del perímetro del túnel. Además, cada tres anillos colocados, debe procederse a la inyección del mortero entre la coraza y terreno, asegurando a su vez, que diariamente debe quedar inyectado el mortero de relleno en toda la extensión del avance diario del túnel liner, antes de darse por terminada la jornada.

En general, el método de ejecución lo determinan: el diámetro (o luz) del túnel, el tipo de suelo, la presencia de agua y el recubrimiento de suelo sobre la clave del túnel.

El avance del túnel será de preferencia desde aguas abajo hacia aguas arriba.

Se debe establecer un Libro de Novedades para el túnel, que refleje fielmente todo lo relacionado con la faena de éste. El Contratista deberá designar un encargado para el túnel, que tendrá por tarea controlar el avance y calidad de las obras y consignarlo en los respectivos libros.

Los recubrimientos aseguran estabilidad de acuerdo a lo calculado por los instaladores consultados. En caso de aparecer suelos inestables se emplearán métodos adecuados para garantizar la seguridad de la obra, evitando los desmoronamientos, como por ejemplo, entibaciones shotcrete, etc.

El montaje de las planchas se debe realizar a una velocidad tal que el suelo permanezca sin apoyo el mínimo tiempo posible. De esta forma se evitan eventuales desmoronamientos y los descensos que estos ocasionan.

Disponer un área despejada para el almacenamiento de materiales, acopio provisorio del material excavado y una cancha de preparación del mortero de relleno.

Transportar el material extraído de la excavación del túnel a botadero, el cual el especialista dejará acopiado en la superficie natural del terreno, junto al frente de ataque. La frecuencia de extracción debe ser tal que no atrase las faenas de ejecución del túnel.

Durante la ejecución del túnel deberá restringirse la circulación en la pista que se encuentre inmediatamente sobre el (o los) frentes de avance de las obras, debido a que en ese momento la estructura de soporte estará en construcción y existirá un segmento de excavación sin protección.

Proteger los piques de acceso para evitar la entrada de aguas de canales o lluvias.

- **Obstáculos, imprevistos y precauciones:**

Si durante la ejecución de las tareas se encontrasen obstáculos de cualquier tipo o características, no previstas, que dificultasen la instalación normal de los módulos o secciones, exigiendo procedimientos especiales para su extracción, el Contratista deberá dar cuenta a la inspección de Obra y los efectos de su intervención.

- **Uniones apernadas:**

Las planchas se unen al anillo precedente mediante pernos y tuercas de 5/8"x11/2", que deben ser distribuidos o largo de las pestañas laterales de dicho anillo. Las planchas de cada anillo se apernan entre sí mediante pernos y tuercas de las mismas dimensiones anteriores. Estos, sin embargo, poseen un resalte cuadrado en la base del vástago y cuentan con golillas de presión del tipo clip. Este sistema mantiene el perno en la perforación de la plancha, el que también es cuadrado, para permitir que la tuerca se apriete por el interior del túnel.

- **Inyección de mortero:**

Los espacios vacíos que resulten entre la cara externa del túnel liner y el terreno natural deben rellenarse, a fin de evitar deformaciones posteriores. Para ello se inyectará a presión controlada un material de relleno, que puede ser mortero fluido de cemento-arena,

cemento-suelo o bien algún otro aglomerado, según la disponibilidad de material en obra.

La frecuencia de las inyecciones será la necesaria para controlar eventuales deformaciones de la estructura y/o descensos de pavimento y dependerá del tipo de suelo, tamaño del túnel y relleno sobre la clave de la estructura. Se recomienda, a lo menos ejecutar ésta diariamente.

El Contratista estará obligado a inyectar al término de cada jornada, o al completarse tres anillos desde la última inyección, o cuando se produzca un desprendimiento de material que avise del inicio de la formación de una "catedral" sobre la clave. En terrenos inestables, se limitará el avance a sólo un anillo para proceder a la inyección de relleno entre coraza y terreno excavado.

En el evento en que se hayan producido desprendimientos en el cielo de excavación, el Contratista deberá asegurar que el material de la inyección llegue hasta el punto alto del espacio producto del desprendimiento, para lo cual deberá instalar un tubo PVC de 25 mm a través de la coraza superior que llegue hasta dicho punto a través del cual rebalse el material inyectado. El extremo superior del tubo estará cortado en 45°.

- **Revestimiento interior:**

El corte transversal del túnel tiene un revestimiento interior de hormigón y malla de acero que se hará en un perímetro interior del túnel equivalente al 70% del diámetro nominal.

El revestimiento tendrá un espesor mínimo de 10 cm de espesor medidos respecto al nivel exterior de la onda de las planchas corrugadas. Este revestimiento se hará con hormigón armado H25, elaborado con cemento hidráulico y armadura de malla ACMA C-139. Es conveniente adicionar al hormigón pelos de fibra para ayudar a restringir la retracción.

El espesor del hormigón proyectado será el indicado en los planos del proyecto. Se deberá colocar en capas sucesivas de un espesor de 3 cm, debiendo dejarse transcurrir un tiempo suficiente que permita el endurecimiento de la capa ya colocada. Cada capa deberá ejecutarse en una operación continua.

Si la colocación se realiza antes del fin de fraguado de la capa precedente, no es necesario tratar la superficie. En caso contrario, esta última deberá ser lavada previamente con un chorro de agua y aire a presión y presentarse húmeda en el momento de aplicar el hormigón proyectado.

La superficie se terminará alisando mediante platachado de toda la sección del túnel Linner. El control de calidad y la mantención del hormigón proyectado deben cumplir con lo indicado las presentes Especificaciones.

Las juntas de dilatación se materializarán con cintas constituidas por un material flexible (termoplástico) a base de cloruro de polivinilo que permitan una dilatación máxima de 10 mm y un movimiento de cizalle máximo de 5 mm. Interiormente la junta se tratará con un sellador a base de poliuretano apto para sellado de juntas y fisuras de elevados movimientos y para el contacto con el agua, su instalación se hará previo escobillado y aire a presión para eliminar la lecha superficial. Se colocarán según recomendaciones del fabricante.

Por lo tanto, una vez construido y afianzado el escudo metálico (túnel liner) y endurecido el mortero entre el escudo y el terreno natural, se procederá a la conformación del revestimiento. A continuación se indica la secuencia del trabajo:

- Se debe limpiar completamente el interior del tramo de túnel liner construido.
- Disponer la malla de acero tipo ACMA C139 amarrada en todo el perímetro interior y contra el túnel liner.
- Disponer y alinear los moldajes interiores circulares metálicos con el diámetro de terminación deseado de acuerdo a la modulación establecida.
- Control y aprobación topográfica de los tramos a hormigonar, incluyendo sus juntas.
- Asegurar la posición del moldaje en su ubicación de diseño, mediante adecuados sistemas de pernos posicionadores u otros elementos de probada eficacia.
- Bombeo a presión del hormigón H25. Considerar que este deberá ser a presión controlada y con inyección distribuida a lo largo del módulo. Deberá mantenerse la evacuación del aire, evitando la formación de bolsas de aire.
- Descimbre de los moldajes.
- Tratamiento de orificios y juntas.

#### 7.6.5 Tolerancias

Previo al inicio de la construcción del revestimiento de hormigón al interior del Túnel Linner, se deberá realizar la entrega de la estructura del Túnel Linner, con remates de colocación de pernos faltantes, certificación de apriete de pernos y limpieza de la superficie, según protocolo respectivo.

La tolerancia en las dimensiones de conjunto Linner-hormigón (incluye posición de la plancha galvanizada y espesor de la sección de hormigón), será de  $\pm 1,5$  cm para el caso de revestimiento interior y malla ACMA, y de  $\pm 1,0$  cm para tubos de hormigón armado ejecutados dentro del Linner (zonas con napa).

Se aceptará una tolerancia en las cotas de radier especificadas en el proyecto, de 1,0 cm con controles topográficos entre cámaras no mayor a 500 m. Este criterio se aplicará para todos los ductos y cámaras.

#### 7.7 CÁMARAS DE INSPECCIÓN TIPO

Las Cámaras Tipo se han designado y deberán ejecutarse de acuerdo con nomenclatura y especificaciones del plano DOS tipo Hbe-1 de ex - SENDOS y el cuadro de cámaras del proyecto. Se ubicarán conforme a lo indicado en los planos de Planta y Perfiles Longitudinales del proyecto.

Todos los hormigones se confeccionarán y colocarán atendiendo a lo indicado en los planos tipo y tendrán las dosificaciones mínimas indicadas en ellos. Los radieres, pies derechos, conos y chimeneas se ejecutarán con hormigón H-25.

Los radieres se estucarán con mortero de 510 kg cm por m<sup>3</sup> de argamasa, hasta 0,20 m como mínimo sobre la parte más alta de la banqueta. La parte interior de las cámaras que no lleve estuco

deberá quedar con la superficie lisa, debiéndose usar molde metálico o de madera revestido con metal.

Las losas de hormigón armado de las cámaras tipo b y especiales serán confeccionados con hormigón tipo H-30.

En la cara inferior de cada tapa se pintará con rojo el número de las cámaras que corresponda, según el plano del proyecto. No se dejarán canaletas para empalmes por construirse en el futuro.

El diámetro interior del cuerpo será de 1.800 mm ó 1300 mm (1200 para prefabricados) según el diámetro de la tubería.

En el caso de hormigones que deban adherirse a hormigones existentes, deberá efectuarse un picado cuidadoso de la estructura existente, dejando armaduras de empalme de 40 cm mínimo de longitud.

El presente ítem incluye el suministro de todos los materiales requeridos para la correcta construcción de las cámaras, como asimismo toda la mano de obra, equipos y herramientas.

### **7.8 TAPA DE CÁMARA TIPO CALZADA**

Las tapas se ejecutarán y colocarán de acuerdo con el plano tipo EMOS N°401-01 (hormigón armado). Se incluye la armadura metálica con su relleno de hormigón de 425 kg-cm/m<sup>3</sup>, estuco de 595 kg-cm/m<sup>3</sup> de argamasa y anillo de fierro fundido de 82 kg de peso aproximado. La colocación del anillo está incluida en la confección de las cámaras.

### **7.9 ESCALINES**

Los escalines serán de fierro galvanizado de ¾", y se colocarán en la cantidad y ubicación que indiquen los planos del proyecto. Se usará fierro galvanizado en baño, rechazándose electrolítico.

En el caso de elementos prefabricados (chimeneas, conos y cuerpos), las perforaciones de éstos deben ser hechos en la fábrica. Estas perforaciones se rellenan con adhesivo epóxico, tras lo cual se procede a introducir la pata del escalín.

En el caso de cámaras hormigonadas en obra, las perforaciones se realizarán 14 días después del hormigonado.

Para mantener los escalines aplomados y horizontales, se colocarán guías verticales a ambos costados, que permitirán verificar que el escalín se introdujo a la profundidad correcta y servirá para amarrar el escalín durante el fragüe del adhesivo.

No se someterán a carga los escalines por un período mínimo de 7 días desde su colocación.

### **7.10 SUMIDERO DE AGUAS LLUVIAS TIPO**

Deberá asentarse en terreno no removido. En caso contrario, se harán los rellenos necesarios para su estabilidad, con hormigón de 127,5 kg cm por m<sup>3</sup> de concreto.

Las tuberías para los sumideros y el movimiento de tierra correspondiente están incluidos en los capítulos pertinentes.

Los sumideros se ejecutarán de acuerdo con el plano correspondiente del proyecto. Los estucos tendrán 1 cm de espesor y serán de 510 kg cm por m<sup>3</sup> de argamasa y alisados con cemento puro.

El fierro para las rejillas y demás deberá cumplir con lo establecido en el “Pliego para la construcción de Alcantarillado”. No se aceptarán sopladuras ni fallas de ninguna especie, ni podrán éstas repararse con plomo u otro material.

Se incluye para el sumidero: excavación, relleno y retiro de excedentes, rotura de pavimentos, suministros de materiales para hormigones y estucos, fierro y toda la mano de obra, incluso la colocación de la rejilla. La confección de cámaras de acceso de los sumideros, incluye el suministro y la colocación de la tapa con su anillo.

### **7.11 ZANJAS DE INFILTRACIÓN**

Las zanjas de infiltración son obras longitudinales, con una profundidad recomendada del orden de 1 a 3 m, que reciben el agua en toda su longitud, interceptando el flujo superficial de una tormenta y evacuándolo mediante infiltración al subsuelo.

Esta partida incluye los trabajos de excavación, rellenos, geotextiles, material granular de relleno o celdas de infiltración, tuberías y todos los accesorios necesarios para la construcción de la zanja de infiltración. No se considera que forman parte de esta sección, las obras de hormigón armado, hormigón simple, cámaras, y elementos accesorios como escalines y tapas.

#### **7.11.1 Materiales**

- Geotextil
- Relleno Granular
- Tubería (Hormigón, PVC, HDPE)
- Relleno Cubierta
- Celdas de Infiltración (opcional)

#### **7.11.2 Procedimientos de Trabajo**

Es indispensable que durante la etapa de construcción de una zanja de infiltración se sigan las recomendaciones y se efectúen ciertos controles para asegurar el adecuado funcionamiento de la obra.

##### **7.11.2.1 Control de los aportes de tierra desde zonas cercanas**

Evitar los aportes de tierra hacia la zanja mientras dura la realización del proyecto, para lo cual se debe poner en servicio la zanja dentro de las últimas etapas de la construcción de la obra si ella está incluida en un programa de construcción más amplio. En caso de ser necesario se debe instalar una solución transitoria en el lugar para recoger y evacuar las aguas lluvias. Además hasta que no se encuentren totalmente terminadas es conveniente separar el drenaje desde las superficies que producen los finos (áreas verdes, zonas con tierra) de las superficies impermeables drenadas por la zanja.

### 7.11.2.2 Control de las dimensiones

Es importante respetar las dimensiones (profundidad y longitud de la zanja, y cotas del fondo) estimadas a partir del estudio hidráulico. Una reducción de las dimensiones disminuirá el volumen de almacenamiento y la superficie de infiltración. Si las dimensiones son cambiadas durante la construcción, se deberán evaluar las consecuencias de esta modificación.

En caso de instalarse tuberías de distribución del agua en el interior de la zanja, o drenes de rebase, se debe controlar la pendiente y alineación del dren durante su instalación, antes de que queden totalmente tapados por el relleno de la zanja. Se deben tomar precauciones para evitar que el dren se desplace, colapse o se rompa, durante el relleno o luego de la puesta en marcha de la obra. En la recepción de la construcción se debe asegurar un buen funcionamiento de los drenes, haciendo pruebas que verifiquen su alineación entre las cámaras.

### 7.11.2.3 Control de la calidad de los materiales

Los materiales utilizados en el interior de la zanja deben tener una porosidad útil suficiente para evitar que el volumen de almacenamiento disminuya. Esta se debe verificar con ensayos de laboratorio antes de acopiar el material para el relleno. Además estos materiales deben ser limpios, preferentemente lavados, ya que la presencia de finos en el material de relleno puede provocar la colmatación prematura de la zanja.

La colocación en terreno de los filtros geotextiles requiere algunos cuidados especiales. Entre otros se debe verificar el correcto recubrimiento de las telas de geotextil y su instalación en la obra, evitar los desgarros del material debidos a enganches en máquinas de la construcción o asperezas en el terreno. Evitar la presencia de finos que provoquen una colmatación prematura del geotextil.

### 7.11.2.4 Control del avance de la obra

La realización de las zanjas no demanda una técnica particular, ya que se efectúa de manera similar a la colocación de una red de drenaje tradicional. Durante la realización se deben efectuar controles para evitar fallas en la obra. Si la zanja es muy larga, se puede efectuar rellenos y terminaciones a medida que se avanza con la obra, evitando que las excavaciones queden expuestas durante tiempos prolongados.

### 7.11.2.5 Control al final de la realización

Para constatar el adecuado funcionamiento hidráulico de la zanja, es necesario verificar su capacidad de almacenamiento y de infiltración mediante ensayos de relleno y de infiltración en terreno. Para ello son muy útiles los pozos de observación.

## 7.12 POZOS DE INFILTRACIÓN

Los pozos de infiltración consisten en excavaciones normalmente cilíndricas de profundidad variable, que pueden estar rellenas o no de material, y permiten infiltrar el agua de lluvia directamente al suelo en espacios reducidos.

Esta partida incluye los trabajos de excavación, rellenos, geotextiles, material granular de relleno o celdas de infiltración, tuberías y/o camisas de revestimiento, y todos los accesorios necesarios para

la construcción del pozo de infiltración. No se considera que forman parte de esta sección, las obras de hormigón armado, hormigón simple, cámaras, y elementos accesorios como escalines y tapas. Tampoco se consideran las tuberías de alimentación y conexión.

### 7.12.1 Materiales

- Geotextil
- Relleno Granular
- Tubería Hormigón Simple y/o Tubería de Acero Corrugado para encamisado de revestimiento.
- Relleno de cubierta.
- Celdas de Infiltración (opcional).

### 7.12.2 Procedimientos de trabajo

Los pozos de infiltración no demandan técnicas especiales, sin embargo, ciertos aspectos deben ser examinados con precaución.

### 7.12.3 Aportes de suelo de las zonas cercanas

Se recomienda evitar todo aporte de tierra hacia el pozo durante la construcción con el fin de limitar la colmatación en superficie o en profundidad. Para ello se procurará poner en servicio el pozo dentro de las últimas etapas de la construcción de la obra si forma parte de una faena de mayor envergadura. Si es necesario se debe instalar una solución transitoria en el lugar para recoger y evacuar las aguas lluvias. También es conveniente separar las superficies que producen los finos de las superficies impermeables drenadas por los pozos.

### 7.12.4 Control de las dimensiones

Es importante respetar las dimensiones estimadas a partir del estudio hidráulico, con la finalidad de responder a los objetivos fijados. Se examinarán particularmente la profundidad y la sección transversal.

### 7.12.5 Calidad de los materiales

Se recomienda verificar la porosidad eficaz del material antes de comenzar el relleno, con el fin de evitar una reducción del volumen de almacenamiento. Para el relleno se requieren materiales limpios y en lo posible previamente lavados.

### 7.12.6 Control durante la realización

La construcción de los pozos no demanda una atención particular. Los pozos pueden ser realizados manualmente o mecánicamente por medio de palas mecánicas dependiendo de sus dimensiones. Deben tomarse precauciones para evitar los derrumbes y en caso necesario considerar la entibación.

El diámetro y la profundidad de los pozos deben ser controlados para asegurar las capacidades de almacenamiento e infiltración previstas en el diseño.

La colocación en las paredes y fondo del pozo de filtros geotextiles requiere algunos cuidados especiales.

Entre otros se debe verificar el correcto recubrimiento de las telas de geotextil y su instalación en la obra, evitar los desgarros del material debidos a enganches en máquinas de la construcción o asperezas en el terreno. Evitar la presencia de finos que provoquen una colmatación prematura del geotextil. El geotextil puede sujetarse con el mismo material de relleno del pozo y colocarse a medida que avanza éste.

#### 7.12.7 Control al final de la realización

Una vez finalizada la construcción se debe constatar el buen funcionamiento hidráulico del pozo y de sus elementos anexos, para lo cual se puede verificar la capacidad de almacenamiento y vaciamiento simultáneamente llenándolo controladamente de agua y midiendo los tiempos en que baja el nivel del agua entre dos marcas preestablecidas, empleando para ello el tubo piezométrico.

### 7.13 OBRAS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL CON MOLDAJE

Se refiere a la confección, colocación, curado y control de los hormigones previstos en cualquier estructura de hormigón armado que pueda desarrollarse dentro del proyecto.

#### 7.13.1 Materiales

- **Agua y Cemento:** El cemento se ajustará a lo dispuesto en las Secciones 5.601 y 5.902 del MC-V5. El agua a lo señalado en el Método LNV 101.
- **Áridos:** Cumplirán con lo dispuesto en el párrafo 5.907.2 del MC-V5 en el Método LNV 63.

#### 7.13.2 Procedimiento de Trabajo

Los hormigones estructurales se construirán en conformidad con lo señalado en la Sección 5.601 del MC-V5, para el tipo y calidad previsto para cada obra o parte de ella, en los planos y demás documentos del Proyecto.

Las mezclas deberán ejecutarse por medios mecánicos y de dosificarán en peso. Los acopios se formarán sobre superficies parejas, compactadas e imprimadas.

Antes de preparar cualquier tipo de hormigón el Contratista deberá someter a la aprobación de la Inspección la dosificación que pretende usar, con muestras representativas de los materiales a emplear.

Los moldajes deberán ser estancos, firmes y estar contruidos de manera que las superficies resultantes cumplan con el acápite 5.601.503 para terminación Clase 1. El retiro de los moldes de ajustará al acápite 5.601.502. Cuando se concrete contra terreno, la superficie de él se cubrirá con polietileno.

Se distinguirán en esta obra los siguientes grados de hormigón estructural de acuerdo a lo definido en NCh 170.CR81 y cuyo uso será necesario en el presente proyecto.

**Tabla 7.13.1**  
Resistencia Especificada

Grado	Kgf/m2	MPa
H-5	50	5
H-20	200	20
H-25	250	25
H-30	300	30

En el caso de que se registren resistencias deficientes, se usará el siguiente procedimiento para el cobro de multas:

### **Condiciones de Evaluación**

Mínimo 3 muestras:

$$f_3 > f_c + K_1$$

$$f_1 > f_0 = f_c - K_2$$

### **Ecuación 7.13.1**

$f_3$	=	Resistencia media móvil de 3 muestras consecutivas (Mpa)
$f_c$	=	Resistencia especificada (Mpa)
$f_i$	=	Resistencia individual de cada muestra (Mpa)
$f_0$	=	Límite inferior para la resistencia $f_i$ de cada muestra (Mpa)
$K_1$	=	(10% de F.D.)
$K_2$	=	3,5 (10% de F.D.)

### **Incumplimiento**

- Si  $f_3 < f_c + k_1$  y  $f_1 > f_0$  Se debe aplicar tabla de multas.
- Si  $f_i < f_0$  se debe extraer tres testigos por cada  $f_i$  defectuoso

El hormigón se considera aceptable si el promedio de los 3 testigos es igual o superior a 0,85  $f_c$  y cada resultado es igual o superior a 0,75  $f_c$ . Este muestreo será con cargo al Contratista.

Las resistencias del hormigón a los 28 días se determinarán sobre muestras extraídas según Método LNV 78 y 79.

**Tabla 7.13.2**  
Multas Hormigón

Valor de $A=(F_c-F_3)$ Mpa	% Multa Respecto Volumen Representado
$0 < A < 1,5$	10 <sup>a</sup>
$1,5 < A < 2,0$	15 + 14 (A-1,5)
$2,0 < A < 2,5$	22 + 16 (A-2,0)
$2,5 < A < 3,0$	30 + 40 (A-2,5)
$3,0 < A < 3,5$	50 + 100 (A-3,0)

### **Moldaje**

Para los casos que corresponda y a modo general, se describirán todos los procedimientos y para la ejecución y colocación de moldajes en obra.

- **Descripción**

Las obras comprendidas en esta actividad consisten en el suministro de todos los materiales y todas las faenas de confección y colocación de los moldajes, alzaprimas, andamios, carreras, amarras, fijaciones, desmoldantes y, en general, todo lo necesario para ejecutar los encofrados que servirán para moldear el hormigón de las estructuras, conforme a los alineamientos, cotas y dimensiones especificadas en los planos de detalle.

- **Ejecución**

El Contratista deberá considerar el suministro de todo el equipo, mano de obra, materiales, herramientas, transporte a cualquier distancia, etc., así como todas las operaciones y actividades, incluyendo imprevistos, que sean necesarios para la total y satisfactoria terminación de los trabajos descritos y especificados.

- **Materiales**

Los moldajes podrán ser de madera, metálicos o de una combinación de madera y metal.

La madera usada deberá ser de buena calidad, sin presentar agujeros producidos por nudos sueltos, fisuras, hendiduras, torceduras u otros defectos que puedan afectar el buen servicio del moldaje.

En el caso de moldajes metálicos, las planchas usadas deberán ser de un espesor tal, que los moldes permanezcan indeformables. Todos los pernos serán de cabeza perdida. Las grapas, pasadores y otros dispositivos de conexión deberán ser diseñados para mantener los moldes rígidamente juntos y para permitir su retiro sin daños en el concreto.

Los moldes metálicos deberán mantenerse libres de óxido, grasa u otras materias extrañas que puedan afectar el hormigón.

En general los moldes deberán ser resistentes, estables y rígidos, y garantizar la estanqueidad de las juntas entre sus elementos.

- **Confección**

El Contratista deberá presentar planos detallados de los moldes, alzaprimados, andamios y carreras que se propone utilizar, debiendo ser aprobados por la ITO antes de proceder a su confección.

En el diseño del moldaje deberá considerarse tanto las cargas estáticas como las dinámicas provenientes de las faenas de colocación y vibrado del hormigón.

Los largueros y vigas para sostener los moldes deberán diseñarse en forma tal, que la deflexión bajo plena carga no sobrepase de 1/500 del tramo, para lo cual deberán contemplarse las contraflechas adecuadas.

Todos los sistemas de soportes del moldaje deberán contar con dispositivos que permitan su retiro sin golpes que puedan dañar la estructura.

En general los moldes deberán disponer de bordes achaflanados con el objeto de no dejar cantos vivos al descubierto.

- **Colocación**

Los soportes del moldaje deberán ser fundados con elementos que aseguren su firmeza e indeformabilidad. Estos elementos serán diseñados para, soportar la carga máxima a que puedan ser sometidos. Todos los sistemas de soporte deberán construirse de modo que permitan un descimbre seguro y fácil, para lo cual se apoyarán en cuñas, cajas de arena, tornillos u otros dispositivos adecuados.

Los arriostramientos deberán evitar todo movimiento de los moldes durante las etapas de colocación y fraguado del hormigón.

Los moldes deberán ser tratados con agentes desmoldantes que aseguren un fácil retiro, sin deterioro y sin que incorporen a la superficie del hormigón.

Previo a la colocación del hormigón, el moldaje deberá ser mojado en todos sus costados.

Los moldes usados con anterioridad deberán ser aprobados por la ITO para utilizarse nuevamente, verificando la limpieza de todo el hormigón adherido a las superficies y su rigidez.

Cualquier tipo de amarra metálica utilizada deberá retirarse, por lo menos 0,05 m desde la superficie del hormigón. Una vez retirado el moldaje se procederá a rellenar las cavidades resultantes con un mortero de cemento, de modo tal que la superficie del hormigón quede sana, lisa, pareja y de color uniforme. No se aceptará el uso de amarras ordinarias de alambre.

**Tabla 7.13.3**  
Moldaje Hormigón

Moldaje	Plazo en Días	
	Cemento Corriente	Alta Resistencia
Costados de muros, vigas o elementos no solicitados	2	1
Costados de pilares o elementos solicitados por peso propio o cargas externas	5	3
Fondos, cimbras, puntales y arriostramiento de vigas y losas	16	10

Cuando la temperatura ambiente sea menor que 5° C, el desmolde se efectuará bajo las siguientes condiciones:

- Los plazos mínimos indicados se deben empezar a contar una vez finalizados los plazos de protección del hormigón.
- Los fondos, cimbras, puntales y arriostramientos de vigas y losas se podrán retirar cuando el hormigón haya alcanzado una resistencia igual o mayor a la especificada, (f'c).

La resistencia se controlará en probetas especiales curadas en las condiciones de la obra.

Cuando se presente una situación de alta temperatura, igual o superior a 30° C a la sombra, fuertes vientos, baja humedad relativa, o una combinación de ellas, el moldaje debe soltarse tan pronto como sea posible sin dañar el hormigón y regar las superficies expuestas del hormigón de modo que el agua corra dentro del moldaje.

Los plazos de desmolde podrán disminuirse bajo las siguientes condiciones, cuando:

- Lo apruebe la Inspección.
- La resistencia de probetas especiales, curadas en las condiciones de la obra, haya alcanzado la resistencia especificada, (f'c), cuando la estructura deba soportar cargas de inmediato; o se tenga un porcentaje suficiente de f'c, cuando sólo sea para efectuar operaciones que no produzcan cargas.
- El desmolde se haga sin producir deterioros en el hormigón.

**8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE**

<b>8.1 ALCANCE</b>	<b>4</b>
<b>8.2 MARCO LEGAL</b>	<b>4</b>
<b>8.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>4</b>
8.3.1 REPLANTEO GEOMÉTRICO	4
8.3.2 EXCAVACIÓN EN CORTE	4
8.3.3 RELLENOS	5
8.3.4 SUB-RASANTE NATURAL	5
8.3.5 SUB-RASANTE MEJORADA	6
8.3.6 CONTROLES	6
8.3.6.1 De Compactación	6
8.3.6.2 De uniformidad de compactación	6
8.3.6.3 De graduación de la mezcla (Sub-rasante mejorada)	7
8.3.6.4 CBR	7
<b>8.4 SUB-BASE</b>	<b>7</b>
8.4.1 MATERIALES	7
8.4.2 LÍMITES DE ATTERBERG	8
8.4.3 DESGASTE "LOS ANGELES"	8
8.4.4 PODER DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)	8
8.4.5 COMPACTACIÓN	8
8.4.6 CONTROLES	8
8.4.6.1 Compactación	8
8.4.6.2 Uniformidad de Compactación	9
8.4.6.3 CBR	9
8.4.6.4 Graduación y Límites de Atterberg	9
8.4.6.5 Desgaste "Los Ángeles"	10
8.4.6.6 Tolerancia de espesor y terminación superficial	10
8.4.6.7 Otras Consideraciones	10
<b>8.5 BASE ESTABILIZADA</b>	<b>10</b>
8.5.1 MATERIALES	10
8.5.2 LÍMITES DE ATTERBERG	11
8.5.3 DESGASTE "LOS ANGELES"	11
8.5.4 PODER DE SOPORTE CALIFORNIA CBR	11

8.5.4.1	Base CBR $\geq$ 80%	11
8.5.4.2	Base CBR $\geq$ 100%	11
8.5.5	COMPACTACIÓN	12
8.5.6	CONTROLES	12
8.5.6.1	Compactación	12
8.5.6.2	Uniformidad de Compactación	12
8.5.6.3	CBR	12
8.5.6.4	Graduación y Límites de Atterberg	13
8.5.6.5	Desgaste “Los Angeles”	13
8.5.6.6	Tolerancia de espesor y terminación superficial	13
8.5.6.7	Otras Consideraciones	13
<b>8.6</b>	<b>RIEGO DE LIGA</b>	<b>13</b>
8.6.1	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	13
8.6.1.1	Instalaciones y Equipos	13
8.6.1.2	Limitaciones Meteorológicas	14
8.6.1.3	Preparación de la Superficie a Regar	14
8.6.1.4	Aplicación del Asfalto	14
<b>8.7</b>	<b>IMPRIMACION</b>	<b>15</b>
8.7.1	MATERIALES	15
8.7.1.1	Asfaltos	15
8.7.1.2	Arenas	15
8.7.2	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	15
8.7.2.1	Instalaciones y Equipos	15
8.7.2.2	Limitaciones Meteorológicas	16
8.7.2.3	Distribuidores de Asfalto	16
8.7.2.4	Preparación de la Superficie a Imprimir	16
8.7.2.5	Aplicación del Asfalto	17
<b>8.8</b>	<b>MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE</b>	<b>17</b>
8.8.1	MATERIALES	18
8.8.1.1	Áridos	18
8.8.1.2	Cemento Asfáltico	21
8.8.2	PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS – MEZCLAS DE GRANULOMETRÍAS DENSAS, GRUESAS Y FINAS	22
8.8.3	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	24

8.8.3.1	Preparación de la Superficie	24
8.8.3.2	Plan de Trabajo	24
8.8.4	TRANSPORTE Y COLOCACIÓN	24
8.8.4.1	Requisitos Generales	24
8.8.4.2	Compactación	25
<b>8.9</b>	<b>TOLERANCIAS</b>	<b>26</b>
8.9.1	DENSIDAD DE COMPACTACIÓN	26
8.9.2	ESPEORES	26
8.9.3	CONTENIDO DE ASFALTO	27
8.9.4	ADHERENCIA	27
8.9.5	REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO	27
8.9.6	REMUESTREOS	28

## 8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes, además en cuanto no se opongan a éstas, deberá cumplirse con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.).

### 8.1 ALCANCE

En esta sección se definen los trabajos necesarios para la ejecución de pavimentos con carpeta de rodadura asfáltica, empleando mezclas convencionales. Se incluyen los requisitos para las capas granulares de soporte, el transporte, la distribución y la compactación de la mezcla que será utilizada ya sea para reemplazar la carpeta asfáltica existente o la construcción de nuevas superficies. Otros requisitos técnicos podrán ser evaluados por SERVIU, debiendo formalizarse su presentación por los canales que éste determine.

No obstante lo anterior las especificaciones particulares del proyecto definirán los criterios de aceptación y rechazo, siempre que no atenten con los mínimos que el estado del arte considera como adecuados, privilegiándose aquellas que sean sustentables (ambiental, social y económica).

### 8.2 MARCO LEGAL

El Marco legal aplicable por los SERVIU para la aprobación de los proyectos y fiscalización de las obras de Pavimentación corresponde a Ley N° 8946 de Pavimentación Comunal, Decreto Supremo N°411, Decreto Supremo 236 instrumentos que se complementan con el marco Jurídico que otorgan Dictámenes, Resoluciones, Instructivos y circulares que emanen de la propia institución u otras que sean competentes.

### 8.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS

#### 8.3.1 Replanteo Geométrico

El Contratista replanteará la solución geométrica del proyecto en planta, definiendo los ejes, vértices y deflexiones en terreno así como las líneas de soleras. No se podrá continuar con las etapas posteriores de la ejecución de las obras, mientras la Inspección Técnica de Obras (I.T.O.) del SERVIU Metropolitano no haya recepcionado satisfactoriamente esta partida, registrándola en el Libro de Obras.

#### 8.3.2 Excavación en Corte

En aquellos sectores en que la sub rasante de las calles va en corte, se excavará el material necesario para dar espacio al perfil tipo correspondiente.

En caso de encontrar material inadecuado bajo el horizonte de fundación, deberá extraerse en su totalidad, reponiéndolo con el material especificado en el punto 1.3 y compactándolo a una densidad no inferior al 95% de la densidad máxima compactada seca (D.M.C.S.) del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

Por material inadecuado ha de entenderse rellenos no controlados o suelos naturales con un Poder de Soporte California (CBR) inferior en 20 % al CBR de Proyecto.

Cuando el 20% o más de las muestras de los CBR de subrasante sea inferior al 80 % del CBR de diseño, el material de la subrasante deberá ser reemplazado por uno que corresponda a lo menos al CBR de diseño, o bien, se deberá rediseñar y aprobar su diseño por el Depto. Proyectos de Pavimentación.

### 8.3.3 Rellenos

Se formarán con el mejor material proveniente de la excavación o empréstito si se requiere. El CBR mínimo exigible del material será el CBR de diseño

Todos los materiales que integran el relleno deberán estar libres de materias orgánicas, pasto, hojas, raíces u otro material objetable. El material de relleno deberá contar con visto bueno de la I.T.O.

El material de relleno colocado en capas deberá corresponder al tipo de suelo y al equipo de compactación a emplear. En todo caso, el espesor máximo de la capa compactada será de 0.15 m para suelo fino (arcilla limo); de 0.20 m para finos con granulares y de 0.30 m para suelos granulares.

Podrá aumentarse el espesor de la capa a compactar, si se dispone de equipos modernos y se presenta la debida justificación comprobada en una cancha de prueba, lo que será verificado en terreno por la I.T.O. y contar con el visto bueno del Departamento Proyectos de Pavimentación: En esas condiciones la I.T.O. podrá autorizar el aumento de espesor.

En la formación de las diferentes capas de rellenos se podrán aceptar bolones de tamaño máximo igual a un 1/2 del espesor compactado de la capa y en una proporción tal que quede uniformemente distribuida, sin formar nidos ni zonas inestables. Las capas de rellenos deberán ser compactadas al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

### 8.3.4 Sub-rasante Natural

Una vez ejecutados los trabajos necesarios para dar los niveles de sub rasante se deberá proceder como se indica:

El suelo se escarificará 0.20 m y se compactará a objeto de proporcionar una superficie de apoyo homogénea, con la excepción de suelos finos del tipo CH y MH, en que se cuidará de no alterar la estructura original del suelo.

La compactación se realizará hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El Contratista deberá solicitar la recepción de esta partida antes de proceder a la colocación de la capa estructural siguiente. Para este efecto deberá presentar los resultados obtenidos por el laboratorio de terreno.

La sub rasante terminada deberá cumplir, además de la compactación especificada, con las pendientes y dimensiones establecidas en el proyecto.

### 8.3.5 Sub-rasante Mejorada

En los casos en que las Especificaciones Técnicas del Proyecto indiquen un mejoramiento del suelo natural, éste se reemplazará por una sub-rasante mejorada, que consistirá en un material de CBR al menos como el del proyecto.

El Contratista deberá solicitar la recepción de esta partida, antes de proceder a la colocación de la capa estructural siguiente. La sub-rasante mejorada deberá cumplir, además de la compactación especificada, con las pendientes y espesores establecidos en el proyecto.

Una vez conformada la sub-rasante mejorada, se deberá proceder a su compactación hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S., obtenida por el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o un 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

### 8.3.6 Controles

#### 8.3.6.1 De Compactación

Un ensayo de densidad “in-sitú” cada 350 m<sup>2</sup> como máximo por capa.

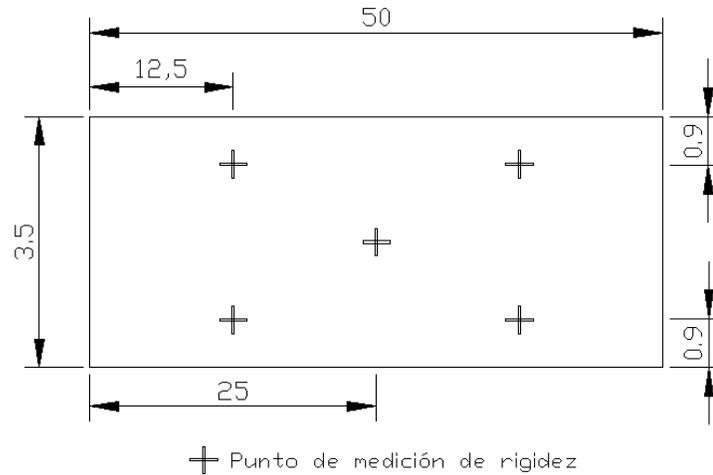
Alternativa : cada 50 ml de Calle o Pasaje.

Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear, en forma complementaria cuando corresponda, destacándose que su uso queda restringido tratándose de subrasantes de pumicitas o suelos con algún contenido de material granular. .

La I.T.O. verificará que el densímetro nuclear se encuentre debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses y, para cada obra en la que se decida utilizar este instrumento, se deberá previamente establecer con precisión la curva de calibración correspondiente con resultados obtenidos para el suelo del proyecto en ejecución y usando el ensayo de cono de arena con al menos 10 puntos.

#### 8.3.6.2 De uniformidad de compactación

En caso que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la “capa granular”, solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge.



**Figura 8.3.1**  
Uniformidad de Compactación

En el caso del equipo Geogauge, se evaluará según se indica en capítulo de auscultaciones

#### 8.3.6.3 De graduación de la mezcla (Sub-rasante mejorada)

Un ensayo cada 150 m<sup>3</sup> o 1 ensayo cada 300 ml de calzada

#### 8.3.6.4 CBR

Un ensayo por calle o pasaje como mínimo.

De detectarse heterogeneidad del suelo de sub-rasante o de rellenos, se tomarán otros CBR complementarios.

- Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

### 8.4 SUB-BASE

La capa de sub-base deberá cumplir las siguientes especificaciones:

#### 8.4.1 Materiales

El material a utilizar deberá estar homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, materiales vegetales o de cualquier otro material perjudicial.

Deberá contener un porcentaje adecuado de partículas chancadas para lograr el CBR especificado y el 60% o más de las partículas retenidas en el tamiz Nº 4 ASTM (American Society for Testing and Materials), tendrán a lo menos 2 caras fracturadas.

Esta sub base estará constituida por mezclas naturales o artificiales de agregados granulares y finos de tal manera que estén comprendidos entre la siguiente banda granulométrica.

**Tabla 8.4.1**

Granulometría Sub-base

Tamiz ASTM	% que pasa en peso
2"	100
1"	55-100
¾"	30-75
N°4	20-65
N°10	10-50
N°40	5-30
N°200	0-10

Alternativamente para proyectos particulares que contemplen intervenciones en vías menores (pasaje local y servicio) se podrá usar material de base granular chancada, si el contratista lo propone y es autorizada por el ITO, para vías mayores (colectoras, troncales, metropolitanas) deberá presentarse análisis estructural que justifique el cambio. En proyectos sectoriales solo se aceptaría esta excepción en vías menores y el material se pagara a precio de subbase, sin posterior apelación

#### 8.4.2 Límites de Atterberg

La fracción del material que pasa la malla N° 40 deberá tener un límite líquido (L.L.) inferior a 35% y un índice de plasticidad (I.P.) inferior a 8.

#### 8.4.3 Desgaste "Los Angeles"

El agregado grueso deberá tener un desgaste inferior a un 40% de acuerdo al ensayo de desgaste "Los Angeles", NCh 1369.

#### 8.4.4 Poder de Soporte California (CBR)

El CBR debe ser igual o superior al 35%. El C.B.R. se medirá a 0.2" de penetración en muestra saturada y previamente compactada a una densidad igual o superior al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D.

#### 8.4.5 Compactación

La sub base deberá compactarse hasta obtener una densidad no inferior a un 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D.

#### 8.4.6 Controles

##### 8.4.6.1 Compactación

En la capa de sub-base, se efectuará un ensayo de Densidad " in situ " cada 500 m2 como máximo.

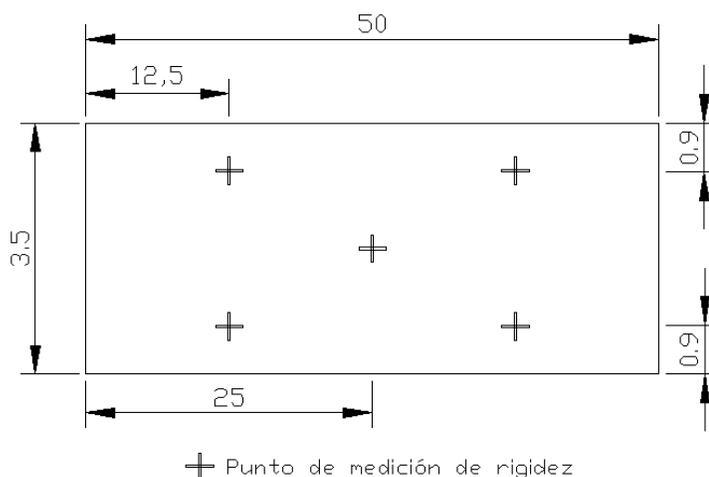
Alternativa: cada 75 ml de calzada de calle o pasaje.

Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear, en forma complementaria cuando corresponda, destacándose que su uso queda restringido tratándose de sub-bases de pumicitas o con algún contenido de material granular.

La I.T.O. verificará que el densímetro nuclear se encuentre debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses y, para cada obra en la que se decida utilizar este instrumento, se deberá previamente establecer con precisión la curva de calibración correspondiente con resultados obtenidos para el suelo del proyecto en ejecución y usando el ensayo de cono de arena con al menos 10 puntos.

#### 8.4.6.2 Uniformidad de Compactación

En caso que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la “capa granular”, solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge.



**Figura 8.4.1**  
Uniformidad de Compactación

En el caso del equipo Geogauge, se evaluará según se indica en capítulo de auscultaciones.

#### 8.4.6.3 CBR

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup>, si se prepara “in - situ”.

#### 8.4.6.4 Graduación y Límites de Atterberg

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 150 m<sup>3</sup>, si se prepara “in - situ”.

#### 8.4.6.5 Desgaste “Los Ángeles”

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup>, si se prepara “in - situ”.

#### 8.4.6.6 Tolerancia de espesor y terminación superficial

Se aceptará una tolerancia de terminación máxima de + 0 y - 10 mm. En puntos aislados, se aceptará hasta un 5% menos del espesor de diseño.

#### 8.4.6.7 Otras Consideraciones

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

Del 100% de los controles exigidos, el 70% los realizará el laboratorio seleccionado por el Contratista de entre la lista de laboratorios inscrito en el MINVU y el 30% restante será realizado por el laboratorio de contra muestra (del registro MINVU) designado por el área correspondiente que efectúe la fiscalización o inspección de las obras.

Si la sub-base es de igual calidad que la base, la recepción debe hacerse en forma independiente, es decir por separado base y sub-base.

### 8.5 BASE ESTABILIZADA

La capa de base deberá cumplir las siguientes especificaciones.

#### 8.5.1 Materiales

El material a utilizar deberá estar constituido por un suelo del tipo grava arenosa, homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, de materiales vegetales o de cualquier otro material perjudicial.

Deberá contener un porcentaje adecuado de partículas chancadas para lograr el CBR especificado y el 60 % o más de las partículas retenidas en el tamiz N° 4 ASTM, tendrán a lo menos 2 caras fracturadas.

Deberá estar comprendida dentro de la siguiente

Tabla 8.5.1

Granulometría Base Estabilizada

Tamiz ASTM	% que pasa en peso	% que pasa en peso	% que pasa en peso
2"	100		
1 ½ "	70-100	100	100
3/8"	55-85	35-65	50-80
1"	45-75	55-85	100
¾"	35-65	45-75	75-100
N°4	25-55	25-55	35-60
N°10	15-45	15-45	20-40
N°40	5-25	5-25	8-22
N°200	0-8	0-5	0-10

La fracción que pasa por la malla N° 200 no deberá ser mayor a los 2/3 de la fracción del agregado que pasa por la malla N° 40.

La fracción que pasa la malla N° 4 deberá estar constituida por arenas naturales o trituradas.

#### 8.5.2 Límites de Atterberg

La fracción del material que pasa la malla N° 40 deberá tener un límite líquido inferior a 25% y un índice de plasticidad inferior a 6 o No Plástico (NP).

#### 8.5.3 Desgaste "Los Angeles"

El agregado grueso deberá tener un desgaste inferior a un 35% de acuerdo al ensayo de desgaste "Los Angeles", NCh 1369.

#### 8.5.4 Poder de Soporte California CBR

##### 8.5.4.1 Base CBR ≥ 80%

El CBR se medirá a 0.2" de penetración, en muestra saturada y previamente compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El CBR deberá ser superior a 80% en las bases para pavimentos asfálticos compuestos de carpeta asfáltica y binder.

##### 8.5.4.2 Base CBR ≥ 100%

El CBR se medirá a 0.2" de penetración, en muestra saturada y previamente compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El CBR deberá ser igual o superior al 100% en las bases para pavimentos asfálticos compuestos de una sola capa.

### 8.5.5 Compactación

La base estabilizada deberá compactarse hasta obtener una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

### 8.5.6 Controles

#### 8.5.6.1 Compactación

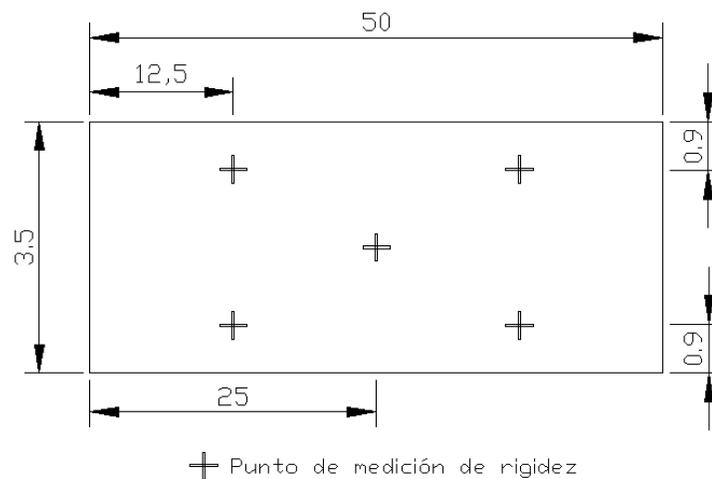
En la capa de base estabilizada, se efectuarán un ensayo de densidad "in - situ" cada 350 m<sup>2</sup> como máximo.

Alternativa: cada 50 ml de Calle o Pasaje.

#### 8.5.6.2 Uniformidad de Compactación

En caso que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la "capa granular", solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge.

Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena.



**Figura 8.5.1**

Uniformidad de Compactación

En el caso del equipo Geogauge, se evaluará según se indica en capítulo de auscultaciones.

#### 8.5.6.3 CBR

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup> si se prepara "in - situ".

#### 8.5.6.4 Graduación y Límites de Atterberg

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 150 m<sup>3</sup> si se prepara "in - situ".

#### 8.5.6.5 Desgaste "Los Angeles"

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia, NCh 1369.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup> si se prepara "in - situ".

#### 8.5.6.6 Tolerancia de espesor y terminación superficial

Se aceptará una tolerancia de terminación máxima de + 0 y - 8 mm. En puntos aislados, se aceptará hasta un 5% menos del espesor de diseño.

#### 8.5.6.7 Otras Consideraciones

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

### 8.6 RIEGO DE LIGA

En esta Sección se definen los trabajos necesarios para aplicar un riego de emulsión asfáltica sobre una superficie pavimentada, con el objeto de producir adherencia entre esa superficie y la capa asfáltica que la cubrirá.

En el riego de liga se deberá emplear emulsiones asfálticas, preferentemente de quiebre rápido (CRS) o como alternativa de quiebre lento (CSS-1h), las cuales deberán estar previamente autorizadas por el ITO y cumplir con los requisitos estipulados en la NCh 2440, con un porcentaje de xilol no mayor a 25% en el Ensayo de la Mancha con heptano-xilol, medido según el método NCh 2343. También se podrá usar otro tipo de emulsiones que garanticen la adherencia entre capas y permitan mantener limpio el entorno o la demarcación horizontal previamente autorizadas por el ITO SERVIU, debiendo verificarse su adherencia con testigos completos, en caso de no cumplir deberá rehacerse completamente el pavimento.

Será responsabilidad del Contratista verificar que los materiales a emplear se ajusten a las especificaciones. Para ello deberá presentar certificados de ensayo, como mínimo, una muestra de asfalto por cada remesa que llegue a la faena. El muestreo deberá ajustarse a lo dispuesto en el Método NCh 2332.

#### 8.6.1 Procedimiento de Trabajo

##### 8.6.1.1 Instalaciones y Equipos

El almacenamiento del asfalto así como el equipo de distribución y barrido, deberán ajustarse a los requisitos estipulados en la sección Imprimación.

### 8.6.1.2 Limitaciones Meteorológicas

El riego de liga solamente deberá aplicarse cuando el pavimento esté seco. No deberá efectuarse riego de liga si el tiempo se presenta neblinoso o lluvioso. Las aplicaciones se efectuarán únicamente cuando la temperatura atmosférica sea de por lo menos 10°C y en ascenso, y la temperatura de la superficie del pavimento no sea inferior a 10°C.

### 8.6.1.3 Preparación de la Superficie a Regar

Antes de aplicar el riego de liga deberá prepararse el pavimento existente eliminando los materiales sueltos, el polvo, la suciedad y todo otro material extraño. También se efectuarán los bacheos, sellos de juntas y grietas, parches, etc., que indique el proyecto.

### 8.6.1.4 Aplicación del Asfalto

La aplicación del material asfáltico se efectuará mediante distribuidores a presión que cumplan con lo dispuesto en la sección Imprimación.

Cuando se debe mantener el tránsito, el riego de liga deberá aplicarse sólo en una mitad del ancho de la calzada. En tales circunstancias el riego de la segunda mitad deberá iniciarse sólo cuando la primera se encuentre cubierta con la capa correspondiente y transitable.

Las emulsiones se aplican puras o diluidas en agua en proporción 1:1 y asegurando una tasa de residuo asfáltico mínimo en la superficie de 0,25 l/m<sup>2</sup>. La dosis mayor se aplicará sobre superficies fisuradas y oxidadas. La dosis definitiva a aplicar será determinada en terreno mediante sectores de prueba y que aseguren el mínimo de residuo asfáltico.

Las emulsiones diluidas se aplicarán a la temperatura que indique el fabricante en su ficha técnica, esta se podrá ajustar según la experiencia en terreno, el acuerdo se tomara en la cancha de prueba respectiva entre contratista e ITO, para lo cual deberá ser factible realizar cancha de prueba.

El asfalto deberá distribuirse uniformemente sobre toda la superficie a tratar, incluso sobre las paredes verticales que se generan en las uniones longitudinales entre pistas pavimentadas en asfalto, así como también en las juntas transversales de construcción. La dosis establecida en terreno se aplicará con una tolerancia de  $\pm$  15%. Se deberá verificar la tasa de aplicación resultante cada 3.000 m<sup>2</sup> de riego de liga o como mínimo, una vez al día. Toda área que no resulte satisfactoriamente cubierta con la aplicación del riego, deberá tratarse en forma adicional mediante riego manual.

Las estructuras, vegetación y todas las instalaciones públicas o privadas ubicadas en el área de trabajo, deberán protegerse cubriéndolas adecuadamente para evitar ensuciarlas. Las protecciones deberán mantenerse hasta que la emulsión haya quebrado completamente y no se produzcan salpicaduras.

Las superficies regadas deben conservarse sin saltaduras o suciedad hasta el momento de colocar la capa siguiente.

## 8.7 IMPRIMACION

En esta Sección se definen las operaciones requeridas para aplicar un riego de asfalto de baja viscosidad, con el objeto de impermeabilizar, evitar la capilaridad, cubrir y ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la base y la capa inmediatamente superior.

### 8.7.1 Materiales

#### 8.7.1.1 Asfaltos

Usará productos en base a emulsiones especialmente diseñadas y debidamente aprobadas por SERVIU para ser utilizadas como imprimante, con una dosis que dependerá de la textura y humedad de la base fijándose ésta entre 0,8 y 1,2 l/m<sup>2</sup>. El asfalto deberá cumplir con los requisitos estipulados en la Norma NCh 2440, con un equivalente de xilol no mayor a 20% en el Ensayo de la Mancha con heptano-xilol, determinado según el Método NCh 2343.

#### 8.7.1.2 Arenas

Cuando se autorice el uso de arena para corregir sectores con exceso de asfalto, ésta será no plástica y estará libre de materias orgánicas. La granulometría deberá ajustarse a la banda granulométrica indicada en la siguiente Tabla.

**Tabla 8.7.1**

Granulometría Arenas Imprimación

Tamiz NCh	Tamiz ASTM	% que pasa en peso
10 mm	3/8"	100
5 mm	N°4	85-100
0.08 mm	N°200	0-5

Alternativamente se puede usar el fino de la base granular, previo harneado bajo 5 mm y autorizado por el ITO, debiendo retirarse completamente tras su utilización.

### 8.7.2 Procedimiento de Trabajo

#### 8.7.2.1 Instalaciones y Equipos

El asfalto deberá almacenarse en estanques cerrados metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio (en ningún caso del tipo diques) los que, en todo momento, deberán mantenerse limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. El manejo del asfalto deberá efectuarse de manera de evitar cualquier contaminación con materiales extraños.

El equipo de limpieza deberá incluir barredoras autopropulsadas.

### 8.7.2.2 Limitaciones Meteorológicas

No se deberá efectuar imprimaciones si el tiempo se presenta neblinoso o lluvioso. Las aplicaciones se efectuarán únicamente cuando la temperatura atmosférica sea de por lo menos 10°C y subiendo, y la temperatura de la superficie a tratar no sea inferior a 10°C.

### 8.7.2.3 Distribuidores de Asfalto

Los distribuidores de asfalto consistirán en depósitos montados sobre camiones o unidades similares, aislados y provistos de un sistema de calentamiento, que generalmente calienta el asfalto haciendo pasar gases a través de tuberías situadas en su interior. Deberán disponer de un grupo de motobombas adecuadas para manejar productos con viscosidad entre 20 y 120 Centistokes.

En zonas singulares como cunetas, pasajes, etc., se podrá utilizar equipos distribuidores manuales, cuidando de que la aplicación sea uniforme.

Antes de comenzar los trabajos de imprimación, el Contratista deberá revisar sus equipos, los que para asegurar un riego uniforme deberán cumplir al menos con los siguientes requisitos:

- El equipo distribuidor mantendrá continua y uniformemente la presión requerida a lo largo de toda la longitud de la barra regadora.
- Antes de comenzar el riego, la barra y las boquillas deberán ser calentadas a la temperatura requerida.

La disposición de las boquillas será la adecuada; el ancho del abanico será igual en todas ellas y formará con la barra un ángulo apropiado, normalmente de 17° a 33°, en tanto que las extremas deben ser contenidas con una pantalla flexible, dispuesta en 90° respecto a la barra de riego.

- El ángulo de incidencia del riego con la superficie del camino será de 90°  $\pm$  5°.
- La altura de las boquillas deberá asegurar un adecuado traslape de los abanicos de distribución.
- El distribuidor se desplazará a una velocidad tal que mantenga un riego homogéneo. La velocidad del distribuidor y la bomba de asfalto se controlarán mediante dispositivos incorporados al equipo.
- La temperatura del asfalto en el estanque se controlará con termómetros que permitan medirla en forma rápida.

### 8.7.2.4 Preparación de la Superficie a Imprimir

Antes de imprimir se deberá retirar de la superficie todo material suelto, polvo, suciedad o cualquier otro material extraño. Cuando la superficie presente partículas finas sueltas, como consecuencia de una excesiva sequedad superficial, se podrá rociar ligeramente con agua, antes de imprimir, en todo caso, no se deberá imprimir hasta que toda el agua de la superficie haya desaparecido.

### 8.7.2.5 Aplicación del Asfalto

El asfalto deberá aplicarse mediante distribuidores a presión que cumplan con lo dispuesto en el Acápito 5.3.3. En los lugares de comienzo y término de los riegos asfálticos, se deberá colocar un papel o cartón de un ancho no inferior a 0.80 m una vez utilizado, éste deberá ser desechado de inmediato.

Cuando se deba mantener el tránsito, la imprimación deberá efectuarse primeramente en la mitad del ancho de la calzada. En tales circunstancias la imprimación de la segunda mitad deberá iniciarse sólo cuando la superficie de la primera mitad se encuentre cubierta con la capa superior y transitable, no permitiéndose el tránsito sobre superficies imprimadas.

Los asfaltos cortados no podrán ser calentados a una temperatura superior a la correspondiente al punto de inflamación. La temperatura de aplicación deberá ser aquella que permita trabajar con viscosidades comprendidas entre 20 y 120 centistokes.

Dependiendo de la textura de la superficie a imprimir, la cantidad de asfalto a colocar se determinará en terreno debiéndose establecer la cantidad definitiva considerando obtener una penetración mínima de 5 mm después de un tiempo de absorción y secado de 6 a 12 horas en ambientes calurosos; de 12 a 24 horas en ambientes frescos y de 24 a 48 horas en ambientes fríos, frescos o húmedos. Si la imprimación seca antes de 6 horas, salvo en épocas muy calurosas y secas, se deberá verificar la dosis y las características del imprimante y de la superficie que se esté imprimando. El material asfáltico deberá distribuirse uniformemente por toda la superficie, aplicando la dosis establecida con una tolerancia de 15%. Se deberá verificar la tasa de aplicación resultante cada 3.000 m de imprimación o como mínimo, una vez por día.

Si después de transcurrido el tiempo de absorción y secado establecido, aún quedaran áreas con asfalto sin penetrar, la I.T.O. podrá autorizar el recubrimiento con arena, la que cumplirá con lo especificado en 4.7.1.2. Por otra parte, toda área que no haya quedado satisfactoriamente cubierta con la aplicación del riego, deberá tratarse en forma adicional mediante riego manual. Si estas reparaciones no resultan satisfactorias a juicio de la I.T.O., se procederá a escarificar en 10 cm la superficie afectada, para volver a recompactar e imprimir.

Las estructuras, la vegetación y todas las instalaciones públicas o privadas ubicadas en el área de trabajo, deberán protegerse cubriéndolas adecuadamente para evitar ensuciarlas. Las protecciones deberán mantenerse hasta que el asfalto haya curado completamente.

Las superficies imprimadas deberán conservarse sin deformaciones, saltaduras, baches o suciedad, hasta el momento de colocar la capa siguiente; Esta sólo podrá colocarse, una vez que se verifique que el imprimante haya curado totalmente.

## 8.8 MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

En esta Sección se definen los trabajos de construcción de concretos asfálticos mezclados en planta y en caliente, incluyendo la provisión de materiales, la fabricación, los transportes, la distribución y la compactación de la mezcla. Las mezclas de áridos cumplirán las bandas granulométricas que dispongan las presentes especificaciones. En el caso de emplearse mezclas recicladas, podrá atenderse a lo señalado en el código de Normas MINVU en su última Versión, debiendo informarse de sus características a SERVIU previamente para su aceptación.

En todo caso, SERVIU podrá exigir demolición mediante fresado u otro sistema equivalente que triture el pavimento existente y reduzca su tamaño para hacerlo óptimo para el reciclado, debiendo trasladarse el material resultante a dependencias que SERVIU señale en la cantidad que este indique o en su defecto disponer de él para ser llevado a botaderos, cualquier otro uso debe contar con autorización SERVIU.

**8.8.1 Materiales**

**8.8.1.1 Áridos**

Los áridos deberán clasificarse y acopiarse separados en al menos tres cuatro fracciones: gruesa, intermedia y fina. Los materiales deberán acopiarse en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales. Las distintas fracciones deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

- Fracción Gruesa e intermedia

Deberá estar constituida por partículas chancadas, limpias y tenaces que se ajusten a los requisitos que se indican en la Tabla 4.8.1 según el tipo de mezcla que se especifique en el proyecto.

**Tabla 8.8.1**

Requisitos para la Fracción Gruesa e Intermedia

ENSAYO	TIPO DE MEZCLA ASFÁLTICA		MÉTODO
	Capa Superficie	Capa Binder (Intermedia)	
Desgaste “Los Angeles” (M áx.)	35%	40%	NCh 1369
Partículas Chancada (M ín.) (al menos 2 caras fracturadas)	90%	70%	MC Vol8. Título 8.202.6
Partículas Lajeadas (M áx.)	10%	10%	MC Vol8. Título 8.202.6
Adherencia Método Estático (M ín.)	95%	95%	MC Vol 8. 8.302.29

- Fracción Fina

La fracción que pasa por tamiz 5 mm (ASTM Nº 4), deberá estar constituida por arenas naturales o provenientes de la trituración de rocas o gravas. Sus partículas deberán ser duras, tenaces y libres de arcilla o sustancias perjudiciales, debiendo cumplir con los requisitos indicados en la tabla B.

Para tránsito mayor de 10<sup>6</sup> EE el % de arenas naturales se limita a 15%. Para tránsitos menores de 10<sup>6</sup> EE el porcentaje se limita a un 25%. Estos porcentajes son referidos al total del agregado.

**Tabla 8.8.2**

Requisitos para la Fracción Fina

ENSAYO	TIPO DE MEZCLA ASFÁLTICA		Método
	Capa Superficie	Capa Binder (Intermedia)	
Índice de Plasticidad	NP	NP	NCh 1517 II
Adherencia Riedel – Weber	Mín. 0 - 5	Mín. 0 - 5	MC Vol8. 8.302.30

- Polvo Mineral (filler)

El filler deberá estar constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, o de preferencia polvo de roca, libre de materia orgánica y partículas de arcilla, debiendo ser NP. Se deberá utilizar según se requiera en la confección de las mezclas, debiendo ajustarse a la granulometría que se señala en la siguiente tabla.

**Tabla 8.8.3**

Granulometría del Filler

Tamiz NCh	Tamiz ASTM	% que pasa en peso
0.630 mm	Nº 30	100
0.315 mm	Nº50	95-100
0.08 mm	Nº200	70-100

- Mezcla de Áridos

Los áridos combinados deberán cumplir con los requisitos indicados en la tabla 4.8.4. Las distintas fracciones de áridos deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con alguna de las bandas granulométricas especificadas en las siguientes tablas; para el tipo de mezcla a emplear de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

**Tabla 8.8.4**

Requisito para Áridos Combinados

ENSAYO	TIPO DE MEZCLA ASFÁLTICA		MÉTODO
	Superficie	Binder (intermedia)	
Sales Solubles (M ax.)	2 %	3%	NCh 1444
Equivalente de Arena (M ín.)	50%	45%	NCh 1329
Desintegración por Sulfato de Sodio (M ax.)	15%	15%	MC Vol8.

**Tabla 8.8.5**

Banda Granulométrica de Áridos: Granulometría Densa

TAMIZ		IV – 20 (espesor capa >= 60 mm)	IV - 12 (1) (espesor capa >= 40 mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO	% QUE PASA EN PESO
40 mm	1 1/2"		
25 mm	1"	100	
20 mm	3/4"	80-100	100
12.5 mm	1/2"	---	80 –100
10 mm	3/8"	60 – 80	70 – 90
5 mm	Nº 4	48 – 65	50 – 70
2.5 mm	Nº 8	35 – 50	35 – 50
0.63 mm	Nº 30	19 – 30	18 – 29
0.315 mm	Nº 50	13 – 23	13 - 23
0.16 mm	Nº 100	7 – 15	8 – 16
0.08 mm	Nº 200	0 – 8	4 –10

(1) calles del tipo Servicio, Local y Pasaje (con tránsito vehicular)

**Tabla 8.8.6**

Banda Granulométrica de Áridos: Granulometría Gruesa

TAMIZ		III – 20 (espesor capa 50 a 100 mm)	III - 12ª (espesor capa 50 a 100 mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO	% QUE PASA EN PESO
40 mm	1 1/2"		
25 mm	1"	100	
20 mm	3/4"	75 – 100	100
12.5 mm	1/2"	---	75 – 100
10 mm	3/8"	45 – 70	60 – 85
5 mm	Nº 4	30 - 50	35 – 55
2.5 mm	Nº 8	20 – 35	20 – 35
0.63 mm	Nº 30	5 – 20	10 – 22
0.315 mm	Nº 50	3 – 12	6 – 16
0.16 mm	Nº 100	2 – 8	4 – 12
0.08 mm	Nº 200	0 – 4	2 –8

Observaciones:

- 1- La banda III-20 se debe usar para base asfáltica de graduación gruesa
- 2- La banda III 12 a se debe usar como capa intermedia o Binder, ambas mezclas en calles de tipo Expresa, Troncal o Colectora. Sera el proyectista quien define el espesor y la capa asfáltica, según su memoria de cálculo de pavimento.
- 3- Banda IV 12-A puede emplearse en asfaltos modificados

**Tabla 8.8.7**

Banda Granulométrica de Áridos: Granulometría Fina

TAMIZ		V – 12a (espesor capa >= 50mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO
20 mm	3/4"	100
12.5 mm	1/2"	85 – 100
10 mm	3/8"	-----
5 mm	N° 4	65 – 80
2.5 mm	N° 8	50 – 65
1.25 mm	N°16	37 – 52
0.63 mm	N° 30	25 – 40
0.315 mm	N° 50	18 – 30
0.16 mm	N° 100	10 – 20
0.08 mm	N° 200	3 – 10

Nota:  
Esta banda granulométrica no se acepta en calles (Sólo para pasajes)

**8.8.1.2 Cemento Asfáltico**

Los cementos asfálticos deberán cumplir las especificaciones indicadas a continuación:

**Tabla 8.8.8**

Requisitos Cemento Asfáltico

GRADO DE PENETRACIÓN (60-80)	Min.	Max.	NCh
ENSAYOS SOBRE EL ASFALTO ORIGINAL (Poises)			
Viscosidad absoluta 60 °C	Informar	-----	2336
Viscosidad 135 ° (Centistokes)	Informar	-----	2335
Punto de Ablandamiento °C	Informar	-----	2337
Penetración, 25 °C, 100 g. 5seg. (dmm)	60	80	2340
Ductilidad, 25 °C, 5 cm/mín. (cm)	100	-----	2342
Solubilidad en tricloroetileno, (%)	99	-----	2341
Punto de inflamación copa abierta (°C)	232°		2338
Ensayo de la mancha Heptano – xilol máximo 20%	Negativo		2343
Indice de Penetración; IP	- 1	+ 1	2340
ENSAYOS SOBRE RESIDUO RTFOT (Película delgada en horno rotatorio)			2346
Penetración, (% del original)	54		
Pérdida por calentamiento, (%)	-----	0.8	
Ductilidad, 25 °C, 5 cm/min (cm)	100		
Viscosidad Absoluta 60 °C (Pa .s)	Informar		
Indice de Durabilidad	----	3.5	

$$\text{Índice de Durabilidad} = \frac{\text{Viscosidad Absoluta a } 60^{\circ}\text{C (RTFOT)}}{\text{Viscosidad Absoluta a } 60^{\circ}\text{C (Original)}}$$

**Ecuación 8.8.1**

Índice de Durabilidad

Control requisitos al Cemento Asfáltico: El constructor deberá entregar con cada partida fotocopia proporcionada por la planta asfáltica de todos los requisitos exigidos al cemento asfáltico en la tabla anterior, junto al nomograma de Heukelom correspondiente.

Será válido el certificado de la fábrica de cemento asfáltico.

En el caso de emplearse asfalto clasificado por desempeño este corresponderá al PG 64-22 en general y al PG 58-28 en Precordillera que deberán cumplir los requisitos señalados en Tablas a continuación:

**Tabla 8.8.9**

Tránsito - PG

Grado de Desempeño	PG64 22	PG58 28
Temperatura máxima de diseño móvil de temp. Máx. de pavimento, °C (a)	< 64	< 58
Temperatura mínima del pavimento de diseño, °C	> -22	> -28
<b>Ligante Asfáltico Original</b>		
Punto de inflamación. 8.302.9, temperatura mínima. °C 230	230	
Viscosidad, 8.302.24, máx. 3 Pa.s, temperatura ensaye, °C (b)	135	
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 1,00 kPa, temp. Ensaye, °C	64	58
<b>Horno Rotatorio de Película Delgada RTFOT (8.302.33)</b>		
Pérdida de masa, porcentaje máx.	1	
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 2,2kPa, temp. Ensaye, °C	64	58
<b>Cámara de envejecimiento a presión pav (8.302.23)</b>		
Temp. De envejecimiento, °C (d)	100	100
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 5000 kPa, temp. Ensaye, °C	25	19
Rigidez en creep, 8.302.25 a 60 s, S máx 300 MPa, valor-m mín. 0,300 temp. Ensaye, °C	-12	-18
Tracción directa, 8.302.26, 1 mm/min, deformación de rotura, mín. 1,0 % temperatura ensaye, °C	-12	-18

**8.8.2 Propiedades de las mezclas asfálticas – Mezclas de granulometrías densas, gruesas y finas**

Las propiedades de las mezclas se determinarán según se indique en Manual de carreteras Vol 8. Título 8.302.47, y su diseño se realizará de acuerdo al MC Vol8. Título 8.302.40.

La mezcla asfáltica para carpeta de rodadura deberá cumplir con las siguientes exigencias relativas al Método Marshall de diseño (ASTM D. 1559):

Tabla 8.8.10

Diseño de la Mezcla

	Tránsito $\geq 10^6$ EE	Tránsito $< 10^6$ EE	Carpeta Binder
Estabilidad (N)	Mínimo 9.000 (**)	Mínimo 6.000	Mínimo 8.000
Fluencia (0.25 mm)	entre 8 y 14	entre 8 y 16	8 - 16
Huecos en la mezcla	4 % $\pm$ 1	4% $\pm$ 1 (*)	3 - 8 %
Marshall (compactación briquetas)	75 golpes/cara	50 golpes/cara	75 golpes/cara
Vacios Agregado Mineral, VAM (mínimo)	13 %	14%	
VFA (vacíos llenos de asfalto)	65 - 75%	65 - 78 %	
(*) Para mezcla V-12 se aceptará porcentaje de huecos entre 3 y 8.			
(**) Sin perjuicio de lo indicado en Capítulo I.A., sección 1.1.			

El laboratorio determinará el diseño de la mezcla de trabajo y fijará valores precisos para:

- Banda de trabajo, que se definirá en base a las siguientes tolerancias:
  - Agregado que pasa tamices: N° 4 y mayores  $\pm$ 5%
  - Agregado que pasa tamices: N° 8 y 16  $\pm$ 4%
  - Agregado que pasa tamices: N° 30 y 50  $\pm$ 3%
  - Agregado que pasa tamices: N° 100 y 200  $\pm$ 2%
- Porcentaje óptimo de Cemento Asfáltico referido al peso total de los agregados, con las siguientes tolerancias:
  - Carpeta asfáltica  $\pm$  0.3%
  - Binder (capa intermedia)  $\pm$  0.5%
  - El rango de temperatura de la mezcla al salir de la Planta.
  - Densidad y Estabilidad Marshall para el % óptimo de cemento asfáltico.
- La razón en peso entre el porcentaje que pasa la malla 200 y el porcentaje de asfalto (en peso del total de los agregados de la mezcla), el cual debe estar comprendido entre 0.6 y 1.2.
- Temperatura de mezclado y temperatura de compactación.

El diseño de la mezcla asfáltica a utilizar en la obra (binder o carpeta asfáltica), deberá ser informado mediante certificados de laboratorios especializados con inscripción vigente MINVU y contar con V° B° de la I.T.O. antes que el contratista inicie la fabricación de la mezcla. En caso que el certificado del laboratorio tenga una antigüedad mayor a 6 meses el Contratista deberá obtener, de la empresa proveedora de la mezcla asfáltica, la certificación que el material entregado corresponde al informado por el laboratorio.

### 8.8.3 Procedimiento de Trabajo

#### 8.8.3.1 Preparación de la Superficie

Antes de iniciar las faenas de colocación de las mezclas asfálticas, se deberá verificar que la superficie satisfaga los requerimientos establecidos para Imprimación, si corresponde a una base estabilizada y para Riego de Liga, si es un pavimento existente.

#### 8.8.3.2 Plan de Trabajo

El Contratista deberá proporcionar a la I.T.O. para su aprobación, previo a la colocación de las mezclas en las obras, un plan detallado de trabajo, el que deberá incluir un análisis y descripción de los siguientes aspectos:

- Equipo disponible: Se deberá indicar la cantidad, estado de conservación y características de los equipos de transporte, colocación y compactación, incluyendo los ciclos programados para cada fase.
- Personal de Faenas: Se deberá presentar un organigrama detallando las áreas de competencia y las responsabilidades de los jefes de fases o faenas, así como el número de personas que se asignará a las diversas operaciones.
- Programación: Se deberá incluir el programa a que se ajustarán las faenas de manera de asegurar la continuidad y secuencia de las operaciones, y la disposición del tránsito usuario de la vía de acuerdo a la normativa vigente del Manual de Señalización de Tránsito y sus complementos.

### 8.8.4 Transporte y Colocación

#### 8.8.4.1 Requisitos Generales

Las mezclas deberán transportarse a los lugares de colocación en camiones tolva convenientemente preparados para ese objetivo, cubiertos con carpa térmica y distribuirse mediante una terminadora autopropulsada.

La superficie sobre la cual se colocará la mezcla deberá estar seca. En ningún caso se pavimentará sobre superficies congeladas o con tiempo brumoso o lluvioso, o cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C. Cuando la temperatura ambiente descienda de 10°C o existan vientos fuertes deberá tomarse precauciones especiales para mantener la temperatura de compactación.

No se aceptará camiones que lleguen a obra con temperatura de la mezcla inferior a 120° C.

La temperatura de la mezcla al inicio del proceso de compactación no podrá ser inferior a 110° C.

El equipo mínimo que se deberá disponer para colocar la mezcla asfáltica será el siguiente:

- Terminadora autopropulsada.

- Rodillo vibratorio liso con frecuencia, ruedas y peso adecuado al espesor de la capa a compactar.
- Rodillo neumático, con control automático de la presión de inflado.
- Equipos menores, medidor manual de espesor, rastrillos, palas, termómetros y otros.

#### 8.8.4.2 Compactación

Una vez esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, la mezcla deberá compactarse hasta que alcance una densidad no inferior al 97% ni superior al 102 % de la densidad Marshall.

La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberá ser el adecuado para alcanzar la densidad requerida dentro del lapso durante el cual la mezcla es trabajable.

Salvo que la I.T.O. ordene otra cosa, la compactación deberá comenzar por los bordes más bajos para proseguir longitudinalmente en dirección paralela con el eje de la vía, traslapando cada pasada en un mínimo de 15 cm, avanzando gradualmente hacia la parte más alta del perfil transversal. Cuando se pavimente una pista adyacente a otra colocada previamente, la junta longitudinal deberá compactarse en primer lugar, para enseguida continuar con el proceso de compactación antes descrito. En las curvas con peralte la compactación deberá comenzar por la parte baja y progresar hacia la parte alta con pasadas longitudinales paralelas al eje.

Los rodillos deberán desplazarse lenta y uniformemente con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora. La compactación deberá continuar hasta eliminar toda marca de rodillo y alcanzar la densidad especificada. Las maniobras de cambios de velocidad o de dirección de los rodillos no deberán realizarse sobre la capa que se está compactando.

En las superficies cercanas a aceras, cabezales, muros y otros lugares no accesibles por los rodillos descritos, la compactación se deberá realizar por medio de rodillos de operación manual, y de peso estático mínimo 2 ton, asegurando el número de pasadas que corresponda para alcanzar los requisitos de densidad exigidas.

Durante la colocación y compactación de la mezcla, se deberá verificar el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Los requisitos estipulados anteriormente deberán considerar los aspectos climáticos y no se asfaltarán si ellos no se cumplen.
- La superficie a cubrir deberá estar limpia, seca y libre de materiales extraños;
- Se recomienda que la compactación se realice entre las temperaturas de 110° C y 140° C
- La mezcla deberá alcanzar el nivel de compactación especificado.
- La superficie terminada no deberá presentar segregación de material (nidios), fisuras, grietas, ahuellamientos, deformaciones, exudaciones ni otros defectos.

## 8.9 TOLERANCIAS

Cuando se produzcan deficiencias de estándar respecto del proyecto, se determinarán las multas tratándose de proyectos contratados por el Serviu y de tolerancias máximas tratándose de proyectos por cuenta particular.

Una vez terminada la colocación de la mezcla, si ésta presentara deficiencias en la densidad de compactación, el espesor, el contenido de asfalto, la lisura (High-Low) o la regularidad de la superficie (IRI), las áreas involucradas estarán afectas a las multas que se señalan en capítulo específico.

Para cuantificar las multas por deficiencias, se considerarán los metros cuadrados de mezcla asfáltica deficiente y el precio unitario correspondiente del Presupuesto Compensado en el caso de contratos del SERVIU.

Los espesores y densidades, serán establecidos a partir de testigos, los cuales se extraerán, según MC Vol 8. Títulos 8.502.3, 8.302.38, 8.302.41 y 8.302.27 a razón de uno por cada 500 m<sup>2</sup> o fracción de pavimento. Alternativa: 75 ml de calle o pasaje.

Los contenidos de asfalto y granulometría de las capas, según MC Vol 8. Título 8.302.36, se verificarán cada 250 m<sup>3</sup> o fracción tomando muestra de la mezcla según MC Vol 8. Título 8.302.27

Cuando se extraiga un testigo deberá rellenarse inmediatamente con mezcla asfáltica en frío.

La evaluación del grado de densidad de compactación, del espesor y del contenido de asfalto se hará por muestras individuales. Los criterios de aceptación serán los siguientes.

### 8.9.1 Densidad de Compactación

La densidad de compactación de la muestra individual, de la superficie y Binder (capa intermedia), deberá ser mayor o igual a 97% de la densidad Marshall. En caso de incumplimiento de la condición, se aplicará el siguiente criterio de multas, lo que será sobre el valor de la carpeta asfáltica afectada:

- Cada valor individual (testigo) representa 500 m<sup>2</sup> de pavimento o fracción si corresponde.
- Se trabajará con números enteros y los decimales de 0.5 y superior se aproximarán al entero superior y los decimales inferiores a 0.5 al entero inferior. No se recibirán y se reharán los pavimentos con densidad de compactación superior a 102 % de la densidad Marshall.
- Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento, que tengan una densidad inferior al 95% o superior al 102%, en muestras individuales.

### 8.9.2 Espesores

En caso de incumplimiento se aplicará la tabla de multas definida en el capítulo que versa sobre éstas.

Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento que presenten un espesor menor igual al 92% del espesor del proyecto.

### 8.9.3 Contenido de Asfalto

Se aceptará la muestra individual si su porcentaje de asfalto (Pt) es mayor o igual a Pb -0.3 % para la capa superficial y Pb -0.5 % para el binder (capa intermedia), e inferior o igual a Pb +0.3 % para la capa superficial y Pb +0.5 % para el binder, siendo Pb el porcentaje de asfalto de la dosificación visada por la I.T.O.

Asimismo, ningún valor deberá ser inferior a Pb -0.5 % para la capa superficial y Pb -0.7 % para el binder (capa intermedia), ni superior a Pb +0.5 % para la capa superficial y Pb +0.7 % para el binder (capa intermedia), en este caso el sector representativo de dicha muestra se multará en un 100 % o se rehará.

En caso de incumplimiento se aplicará las tablas de multas por exceso o por defecto, sobre el valor de la respectiva capa que se definen en el apartado multas:

La determinación del contenido de asfalto se hará de muestras tomadas a pie de obra (MC Vol8. Título 8.302.27).

Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento en que las carpetas presenten una variación absoluta de su contenido de asfalto en % superior a 0.5 y el binder presente la variación absoluta de su contenido de asfalto en % superior a 0.7.

### 8.9.4 Adherencia

Para vías Expresas, Troncales y Colectoras, como también en aquellas con pendientes longitudinales superiores al 10%, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) deberá alcanzar un valor promedio mínimo de 0,60 y ninguno de los valores individuales deberá tener un valor menor a 0.55.

Los controles del coeficiente CRD serán de cargo de la empresa constructora y deberán efectuarse mediante el Péndulo Británico (Norma NLT-175) o con equipo Griptester según MC 8.502.18, se recomienda sea superior a 0,6.

. Se medirá por pista y a distancias máximas de 50m, y se contará al menos con 2 mediciones por pista.

-En caso de incumplimiento se rehará la carpeta de la zona afectada, delimitada ésta por el área de influencia que representa la o las medidas defectuosas.

### 8.9.5 Representatividad del Muestreo

En caso que el muestreo realizado sea de una medición, el resultado de esta muestra representará al 100% de la calidad de la obra, en consecuencia de ser aplicable alguna multa, el área afectada será el 100% del pavimento.

En caso que el muestreo realizado sea de más de una medición, pero menos de 31, se efectuará un sólo análisis con el total de las muestras obtenidas, aun cuando éstas se encuentren distribuidas en forma irregular en la obra.

En caso que la obra posea un número de muestreos tal que las mediciones sean más de 30, en este caso, podrán realizarse más de una determinación de valor característico, sectorizando la obra, delimitando el sector respectivo por área de influencia. En todo caso, se podrán realizar

tantas sectorizaciones para el análisis estadístico, como múltiplos de 30 más uno corresponda, de acuerdo al número de mediciones realizadas.

#### **8.9.6 Remuestreos**

El contratista podrá solicitar remuestreos por cada uno de los controles receptivos, debiendo considerar a su cargo el costo de la toma de muestras y ensayos.

Las zonas representadas por los testigos deficientes, se remuestrearán con la extracción de a lo menos igual cantidad de testigos en discusión.

El remuestreo por concepto de densidad se hará extrayendo una cantidad similar de testigos a los del muestreo original. Las nuevas muestras se tomarán entre los sectores medio de los testigos originales, extrayendo el primero entre el último del lote anterior y el primer testigo del lote a remuestrear. De esta forma se procederá a evaluar el lote, considerando conjuntamente los resultados de los testigos originales y del remuestreo.

El remuestreo por concepto de espesores se hará tomando dos testigos adicionales en los sectores medio entre el testigo a remuestrear y el inmediatamente anterior y posterior a éste. Con el resultado que arrojen estas muestras se procederá a recalcular el área afectada originalmente.

Los remuestreos por concepto de lisura o rugosidad se efectuarán sólo cuando se haya hecho la reparación autorizada por la I.T.O. La longitud mínima para efectuar el remuestreo será de 1 km continuo por pista o la longitud total del tramo pavimentado si es inferior a 1 km. Los resultados de este remuestreo reemplazarán a las del muestreo original y se hará la evaluación según lo indicado en estas Especificaciones Técnicas.

**9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO**

<b>9.1 ALCANCE</b>	<b>3</b>
<b>9.2 MARCO LEGAL</b>	<b>3</b>
<b>9.3 RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE</b>	<b>3</b>
9.3.1 REPLANTEO GEOMÉTRICO	4
<b>9.4 SELLO DE JUNTAS Y GRIETAS EN PAVIMENTO BASE EXISTENTE</b>	<b>4</b>
<b>9.5 RIEGO DE LIGA</b>	<b>4</b>
<b>9.6 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b>	<b>4</b>
9.6.1 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN	4
9.6.1.1 Requisitos Generales	4
9.6.1.2 Colocación de la Mezcla	5
9.6.1.3 Compactación	5
<b>9.7 TOLERANCIAS</b>	<b>6</b>
9.7.1 DENSIDAD	7
9.7.2 ESPESORES	7
9.7.3 EXTRACCIÓN ASFÁLTICA	7
9.7.3.1 Contenido de Asfalto	8
9.7.3.2 Porcentaje de Partículas Chancadas	8
9.7.4 REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO	8
9.7.5 REMUESTREOS	8
<b>9.8 MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE</b>	<b>9</b>
9.8.1 MATERIALES	9
9.8.2 ÁRIDOS	9
9.8.2.1 Fracción Gruesa e Intermedia	9
9.8.2.2 Fracción Fina	10
9.8.2.3 Polvo Mineral (filler)	10
9.8.2.4 Mezcla de Áridos	11
9.8.3 CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO	11
9.8.3.1 Control Requisitos al Cemento Asfáltico Modificado	13
<b>9.9 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS</b>	<b>13</b>
9.9.1 WHEEL TRACKING TEST (WTT)	14
<b>9.10 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO</b>	<b>14</b>
9.10.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE	14

# CAP. Nº 9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO EN CALIENTE

9.10.2	PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA	14
9.10.2.1	Plan de Trabajo	14
9.10.2.2	Características de la Planta Asfáltica	14
9.10.2.3	Características de la Planta Mezcladora	15
9.10.2.4	Controles	15

## **9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO**

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes, además en cuanto no se opongan a éstas, deberá cumplirse con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.).

### **9.1 ALCANCE**

En esta sección se definen los trabajos necesarios para la ejecución del recapado asfáltico proyectado como una de las soluciones de mejoramiento del eje vial considerado, para lo cual se utilizará una mezcla asfáltica con asfalto modificado con polímeros. Se incluyen además los requisitos para el transporte, la distribución y la compactación de la mezcla que será utilizada para reemplazar la carpeta asfáltica existente, en un espesor definido en el proyecto. No obstante lo anterior los requisitos técnicos que se estipulan para la carpeta de rodado son válidos para la ejecución de nuevas vías o la rehabilitación completa de las existentes.

En base a los planos de proyecto el contratista delimitará la zona afecta a este tratamiento, la que deberá ser revisada y recibida por la I.T.O., consignándolo en el libro de obras.

### **9.2 MARCO LEGAL**

El Marco legal aplicable por los SERVIU para la aprobación de los proyectos y fiscalización de las obras de Pavimentación corresponde a Ley N° 8946 de Pavimentación Comunal, Decreto Supremo N°411, Decreto Supremo 236 instrumentos que se complementan con el marco Jurídico que otorgan Dictámenes, Resoluciones, Instructivos y circulares que emanen de la propia institución u otras que sean competentes.

No obstante lo anterior las especificaciones particulares del proyecto definirán los criterios de aceptación y rechazo, siempre que no atenten con los mínimos que el estado del arte considera como adecuados, privilegiándose aquellas que sean sustentables (ambiental, social y económica).

### **9.3 RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE**

En las zonas que se hayan definido como área a intervenir, se retirará la carpeta asfáltica existente, en el espesor señalado en los planos de proyecto, para dar cabida a la carpeta asfáltica proyectada, lo que deberá ser con una máquina fresadora de acuerdo a la especificación correspondiente. Luego se preparará la superficie del sello para recibir la mezcla asfáltica en el espesor definido en el proyecto.

Posterior al retiro de la carpeta asfáltica existente se deberá evaluar la calidad de la nueva plataforma a fin de asegurar una adecuada y uniforme capacidad de soporte, pudiendo la ITO solicitar al contratista el retiro de la carpeta existente en todo el espesor en zonas en que a su juicio no cumplan con este requisito. En el caso que el área a intervenir se presente completamente colapsada y no permita ejecutar al menos el 60% del recapado proyectado se deberá evaluar una modificación de proyecto.

## 9.3.1 Replanteo Geométrico

El Contratista replanteará la solución geométrica del proyecto definiendo la nueva rasante mediante dos puntos referenciales correspondientes a 2 cruces consecutivos de calles. La solución para la pendiente transversal del proyecto deberá ser planteada de tal forma de respetar tanto los espesores proyectados, como los actuales bombeos existentes, compatibilizando esto con el plinto de la solera, el cual no deberá ser inferior a los 7cm. En todos los casos las soluciones planteadas deberán asegurar el libre escurrimiento de las aguas y adecuados empalmes con el pavimento existente que se conserva, para lo cual se deberán hacer los ajustes necesarios a fin de mejorar lo actual, todo en coordinación con la I.T.O.

Se deberá poner especial atención en los cruces de calles, para lo cual se deberá realizar un completo levantamiento del cruce a fin de estudiar en conjunto con la I.T.O la mejor forma de compatibilizar el cumplimiento de espesores en todos los puntos, mejorando en la medida que no provoque mayores problemas a la situación existente el escurrimiento de las aguas.

Para la recepción de esta partida será requisito indispensable la entrega a la I.T.O de un perfil longitudinal entre los 2 puntos definidos, y de perfiles transversales entre ambos puntos, a una distancia no mayor a 20 m entre sí, en donde se muestren claramente las características topográficas tanto de la plataforma de apoyo como las adoptadas para el recapado, indicando además los espesores resultantes de este, tanto en los bordes de la pista a ejecutar, así como también en un punto intermedio de esta.

## 9.4 SELLO DE JUNTAS Y GRIETAS EN PAVIMENTO BASE EXISTENTE

Posterior al retiro de la carpeta asfáltica existente se contempla la ejecución de un sello de juntas y grietas del pavimento base, lo que se deberá realizar según la especificación correspondiente a dicha partida, una vez recibida esta partida se podrá continuar con la aplicación del riego de Liga.

## 9.5 RIEGO DE LIGA

Antes de la colocación de la mezcla asfáltica se deberá aplicar un Riego de emulsión asfáltica en toda la superficie a recapar, lo que deberá ser ejecutado siguiendo lo estipulado en las Especificaciones Técnicas de dicha partida.

Una vez producido el “quiebre” del riego aplicado, se podrá comenzar con la colocación de la mezcla asfáltica del recapado.

## 9.6 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

La mezcla asfáltica a utilizar será la que cumpla con los requerimientos fijados para esta en la especificación adjunta de “Mezclas Asfálticas en Caliente”.

### 9.6.1 Transporte y Colocación

#### 9.6.1.1 Requisitos Generales

Las mezclas deberán transportarse a los lugares de colocación en camiones tolva convenientemente preparados para ese objetivo, cubiertos con carpa térmica y distribuirse mediante una terminadora autopulsada.

La superficie sobre la cual se colocará la mezcla deberá estar seca. En ningún caso se pavimentará sobre superficies congeladas o con tiempo brumoso o lluvioso, o cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C. Cuando la temperatura ambiente descienda de 10°C o existan vientos fuertes deberá tomarse precauciones especiales para mantener la temperatura de compactación.

La temperatura de la mezcla al inicio del proceso de compactación no podrá ser inferior a la informada como temperatura óptima de compactación por el proveedor del cemento asfáltico.

No se aceptará camiones que lleguen a obra con temperatura de la mezcla inferior a 10°C por sobre la informada por el proveedor como temperatura óptima de compactación

El equipo mínimo que se deberá disponer para colocar la mezcla asfáltica será el siguiente:

- Terminadora autopropulsada, de antigüedad máxima el año 2007, con vibrador y tamper en todo el ancho de la plancha, sensores electrónicos de medición de espesor y además deberá ser del tipo montada sobre oruga
- Rodillo vibratorio liso, de antigüedad máxima el año 2007, con frecuencia, ruedas y peso adecuado al espesor de la capa a compactar.
- Rodillo neumático, con control automático de la presión de inflado.
- Equipos menores, medidor manual de espesor, rastrillos, palas, termómetros y otros.

### 9.6.1.2 Colocación de la Mezcla

En la colocación del recapado se deberán tener en cuenta todos los puntos planteados en el apartado de "Replanteo Geométrico", debiendo considerar eventuales sobre espesores, si fuese necesario, para cumplir con los requerimientos geométricos planteados, incluyendo también en estos, eventuales irregularidades presentes en el pavimento base, las cuales deben ser absorbidos por la mezcla asfáltica de recapado.

### 9.6.1.3 Compactación

Una vez esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, la mezcla deberá compactarse hasta que alcance una densidad no inferior al 97 % ni superior al 102 % de la densidad Marshall de la mezcla visada por la I.T.O.

La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberá ser el adecuado para alcanzar la densidad requerida dentro del lapso durante el cual la mezcla es trabajable.

Salvo que la ITO ordene otra cosa, la compactación deberá comenzar por los bordes más bajos para proseguir longitudinalmente en dirección paralela con el eje de la vía, traslapando cada pasada en la mitad del ancho del rodillo, avanzando gradualmente hacia la parte más alta del perfil transversal. Cuando se pavimente una pista adyacente a otra colocada previamente, la junta longitudinal deberá compactarse en primer lugar, para enseguida continuar con el proceso de compactación antes descrito. En las curvas con peralte la compactación deberá comenzar por la parte baja y progresar hacia la parte alta con pasadas longitudinales paralelas al eje.

Los rodillos deberán desplazarse lenta y uniformemente con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora. La compactación deberá continuar hasta eliminar toda marca de rodillo y alcanzar la densidad especificada. Las maniobras de cambios de velocidad o de dirección de los rodillos no deberán realizarse sobre la capa que se está compactando.

El concreto asfáltico que quede suelto, esté frío, contaminado con polvo, tierra o que en alguna forma se presente defectuoso, deberá retirarse y sustituirse por mezcla nueva caliente, la que deberá compactarse ajustándola al área circundante. Deberá eliminarse toda mezcla colocada en exceso y agregarse en los lugares donde falte.

En las superficies cercanas a aceras, cabezales, muros y otros lugares no accesibles por los rodillos descritos, la compactación se deberá realizar por medio de rodillos de operación manual, y de peso estático mínimo 2 ton, asegurando el número de pasadas que corresponda para alcanzar los requisitos de densidad exigidas.

Durante la colocación y compactación de la mezcla, se deberá verificar el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Los requisitos estipulados anteriormente deberán considerar los aspectos climáticos y no se asfaltarán si ellos no se cumplen.
- La superficie a cubrir deberá estar limpia, seca y libre de materiales extraños;
- Se recomienda que la compactación se realice entre las temperaturas que indique el diseño.
- La mezcla deberá alcanzar el nivel de compactación especificado, control que hará el contratista mediante densímetro nuclear. No se permitirá la extracción de testigos excepto lo de recepción, sin embargo la ITO podrá autorizar la extracción de no más de cinco testigos por dosificación para la calibración del equipo nuclear. Alternativamente podrá emplearse densímetro no nuclear previa calibración y aprobación de la ITO
- La superficie terminada no deberá presentar segregación de material (nidos), fisuras, grietas, ahuellamientos, deformaciones, exudaciones ni otros defectos.

Además la terminadora será autopropulsada de última generación, con helicoides que repartirán el material en todo el ancho del esparcido que se adopte. Contará con sensores de autonivelación electrónicos. La placa compactadora debe tener la posibilidad de ajustar en forma automática su temperatura de trabajo.

## 9.7 TOLERANCIAS

Una vez terminada la colocación de la mezcla, si ésta presentara deficiencias en la densidad de compactación, en espesor, en contenido de asfalto y % de partículas chancadas en la mezcla, las áreas involucradas estarán afectas a las multas que se señalan más adelante en el caso de tratarse de contratos SERVIU, de corresponder a obras de financiamiento privado las multas no aplicaran, pero la ITO podrá afectar la calificación o rechazar la partida para rehacerse adecuadamente si esta no cumple la especificación. Cuando en un determinado sector de la vía correspondan multas por más de una deficiencia, se aplicará la suma de las multas individuales con un máximo de 100% sobre la cantidad de mezcla asfáltica afectada.

Para establecer el valor de las mezclas asfálticas afectadas, se considerarán los metros cuadrados de mezcla asfáltica con deficiencias y el precio unitario correspondiente del Presupuesto Oficial

Los espesores y densidades, serán establecidos a partir de testigos, los cuales se extraerán, según Manual de Carreteras Volumen 8 (MC Vol8) títulos 8.502.3, 8.302.38, 8.302.41 y 8.302.27 , a razón de uno por cada 500m<sup>2</sup> o fracción de pavimento.

Los contenidos de asfalto, la granulometría de las capas y el % de partículas chancadas en estas, se determinará según MC Vol. 8 títulos 8.302.36, 8.302.28 y 8.202.6, respectivamente, cuyos valores se verificarán cada 250 m<sup>3</sup> o fracción tomando muestra de la mezcla según MC Vol. 8 título 8.302.27.

Cuando se extraiga un testigo deberá rellenarse inmediatamente con mezcla asfáltica.

La evaluación del grado de compactación, espesor, contenido de asfalto y % de partículas chancadas en la mezcla, se hará por muestras individuales. Los criterios de aceptación serán los siguientes:

## 9.7.1 Densidad

La densidad de la muestra individual deberá ser mayor o igual a 97% de la densidad Marshall. En caso de incumplimiento de la condición, se aplicará la multa establecida en el capítulo de Multas.

Cada valor individual (testigo) representa 500 m<sup>2</sup> de pavimento o fracción si corresponde.

Se trabajará con números enteros y los decimales de 0.5 y superior se aproximarán al entero superior y los decimales inferiores a 0.5 al entero inferior. No se recibirán y se reharán los pavimentos con densidad de compactación superior a 102 % de la densidad Marshall.

## 9.7.2 Espesores

En caso de incumplimiento en contratos del SERVIU se aplicará las multas según se define en capítulo correspondiente, teniendo en cuenta que se trabajará los valores con un decimal.

El 100% de los controles exigidos deberán ser pagados por el Contratista, asimismo el 70% de éstos los realizará el laboratorio de autocontrol del Contratista y el 30% restante será realizado por otro laboratorio, que actuará como contramuestra, ambos deberán contar con inscripción vigente en el Minvu, y aprobados por la ITO.

En el caso de contratos particulares las obras que no cumplen espesores de diseño serán rechazadas, sin embargo el área correspondiente podrá evaluar un espesor menor siempre que se demuestre estructuralmente que lo ejecutado asegura la vida útil para la cual se diseñó el pavimento. No obstante ello, espesores inferiores en un 92% o más del espesor de diseño implicara la re ejecución de las obras

## 9.7.3 Extracción Asfáltica

El muestro de las mezclas asfálticas en caliente se realizará en terreno, cada 250m<sup>3</sup> de mezcla, tomadas por los laboratorios de autocontrol (70%) y de contramuestra (30%) en forma continua y alternada a fin de que toda el área a pavimentar sea representada por al menos una muestra. No se considerarán muestras tomadas en planta.

## 9.7.3.1 Contenido de Asfalto

El contenido de asfalto se evaluará a partir de los ensayos efectuados a las muestras de mezclas asfálticas en caliente tomadas según lo descrito en el punto anterior. Los contenidos de asfalto informados por los distintos laboratorios deberán expresarse en una cifra decimal.

Se aceptará la muestra individual si su contenido de asfalto (Pt) es mayor o igual a  $P_b - 0.3 \%$ , e inferior o igual a  $P_b + 0.3 \%$ , siendo  $P_b$  el porcentaje de asfalto de la dosificación visada por la I.T.O.

Asimismo, ningún valor deberá ser inferior a  $P_b - 0.5 \%$ , ni superior a  $P_b + 0.5 \%$ , en este caso el sector representativo de dicha muestra se multará según capítulo de multas si se trata de un contrato SERVIU o se rehará si se trata de obras de financiamiento privado.

En caso de incumplimiento se aplicará las multas según capítulo correspondiente por exceso o por defecto; para contratos SERVIU y se afectará las calificaciones en obras de financiamiento privado:

Cada valor individual (extracción) representa 250 m<sup>3</sup> de pavimento o fracción si corresponde.

## 9.7.3.2 Porcentaje de Partículas Chancadas

Al agregado proveniente de la extracción asfáltica se le someterá a un análisis granulométrico según MC Vol.8 título 8.302.28, y además se determinará el porcentaje de partículas chancadas en la mezcla, según MC Vol.8 título 8.202.6, que deberá cumplir con el 95% especificado en la Tabla 5.8.1, de la especificación técnica "Mezclas Asfálticas en Caliente", y en el caso de incumplimiento se aplicará la multa del capítulo de multas de este manual.

Cada valor individual (extracción) representa 250 m<sup>3</sup> de pavimento o fracción si corresponde.

## 9.7.4 Representatividad del Muestreo

En caso que el muestreo realizado sea de una medición, el resultado de esta muestra representará al 100% de la calidad de la obra, en consecuencia de ser aplicable alguna multa, el área afectada será el 100% del pavimento.

En caso que el muestreo realizado sea de más de una medición, pero menos de 31, se efectuará un sólo análisis con el total de las muestras obtenidas, aun cuando éstas se encuentren distribuidas en forma irregular en la obra.

En caso que la obra posea un número de muestreos tal que las mediciones sean más de 30, en este caso, podrán realizarse más de una determinación de valor característico, sectorizando la obra, delimitando el sector respectivo por área de influencia. En todo caso, se podrán realizar tantas sectorizaciones para el análisis estadístico, como múltiplos de 30 más uno corresponda, de acuerdo al número de mediciones realizadas.

## 9.7.5 Remuestreos

El contratista podrá solicitar remuestreos por cada uno de los controles receptivos, debiendo considerar a su cargo el costo de la toma de muestras y ensayos.

Las zonas representadas por los testigos deficientes, se remuestrearán con la extracción de al menos igual cantidad de testigos en discusión.

El remuestreo por concepto de densidad se hará extrayendo una cantidad similar de testigos a los del muestreo original. Las nuevas muestras se tomarán entre los sectores medio de los testigos originales, extrayendo el primero entre el último del lote anterior y el primer testigo del lote a remuestrear. De esta forma se procederá a evaluar el lote, considerando conjuntamente los resultados de los testigos originales y del remuestreo.

El remuestreo por concepto de espesores se hará tomando dos testigos adicionales en los sectores medio entre el testigo a remuestrear y el inmediatamente anterior y posterior a éste. Con el resultado que arrojen estas muestras se procederá a recalcular el área afectada originalmente.

Los remuestreos por concepto de lisura o rugosidad se efectuarán sólo cuando se haya hecho la reparación autorizada por la I.T.O. La longitud mínima para efectuar el remuestreo será de 1 km continuo por pista o la longitud total del tramo pavimentado si es inferior a 1 km. Los resultados de este remuestreo reemplazarán a las del muestreo original y se hará la evaluación según lo indicado en estas Especificaciones Técnicas.

## 9.8 MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

En esta sección se definen los requisitos de los materiales para la elaboración de las mezclas asfálticas a utilizar en el proyecto, que será del tipo IV-A-12 realizada con Asfalto Modificado con Polímeros, además de los requisitos que esta debe cumplir una vez diseñada y del proceso de producción de la misma. En el caso de emplearse mezclas recicladas, podrá atenerse a lo señalado en el código de Normas MINVU en su última Versión.

### 9.8.1 Materiales

En esta sección se definen los requisitos que deben cumplir los materiales (áridos y betún) para la realización de la mezcla asfáltica en caliente a utilizar.

### 9.8.2 Áridos

Los áridos deberán clasificarse y acopiarse separados en al menos cuatro fracciones: gruesa, intermedia y fina. Los materiales deberán acopiarse en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales. Las distintas fracciones deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

#### 9.8.2.1 Fracción Gruesa e Intermedia

Es la fracción retenida en el tamiz 5 mm. (ASTM N°4), la que deberá estar constituida por partículas chancadas, tenaces y limpias (libres de materia orgánica, arcilla o materiales extraños) que se ajusten a los requisitos que se indican en la siguiente Tabla.

**Tabla 9.8.1**

Requisitos para la Fracción Gruesa

Ensayo	Requisito	Método
Desgaste "Los Angeles" (máx.)	25%	8.202.11 (LNV 75)
Desintegración en Sulfato de Sodio (máx)	12%	8.202.17 (LNV 74)
Partículas Chancada (mín)	95%	8.202.6 (LNV 3)
Partículas Lajeadas (máx)	10%	8.202.6 (LNV 3)
Adherencia Método Estático (mín)	95%	8.302.31 (LNV 44)

**9.8.2.2 Fracción Fina**

Es la fracción que pasa por tamiz 5 mm (ASTM N° 4), la que deberá estar constituida por arenas provenientes de la trituración de rocas o gravas y que deberá cumplir con los requisitos indicados en la siguiente Tabla.

**Tabla 9.8.2**

Requisitos para la Fracción Fina

Ensayo	Requisito	Método
Indice de Plasticidad	NP	8.101.4 (LNV 90)
Adherencia Riedel - Weber	0-5	8.301.30 (LNV 10)
Desintegración en Sulfato de Sodio (máx)	12%	8.202.17 (LNV 74)
Equivalente de Arena (mín)	45%	8.202.9 (LNV 71)

Nota:  
1.- % de vacíos de aire en la muestra en estado suelto.

**9.8.2.3 Polvo Mineral (filler)**

Si se requiere adicionar filler, éste deberá estar constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte, el cual deberá estar libre de materia orgánica y partículas de arcilla, debiendo ser NP. Se deberá utilizar según se requiera en la confección de las mezclas, debiendo ajustarse a la granulometría que se señala en la siguiente tabla, cualquier otro material que se quiera utilizar como filler deberá ser aprobado por la inspección técnica.

**Tabla 9.8.3**

Granulometría del Filler

Tamices		% que pasa en peso
(mm)	(ASTM)	
0,630	(N° 30)	100
0,315	(N° 50)	95 – 100
0,080	(N° 200)	70 – 100

**9.8.2.4 Mezcla de Áridos**

Los áridos combinados deberán cumplir la Banda Especificada de Proyecto, cuyos requisitos se indican en la siguiente Tabla.

**Tabla 9.8.4**

Base Especificada de Proyecto

Tamices		IV-A-12 % que pasa en peso
(mm)	(ASTM)	
19	¾"	100
12.5	½"	80-95
9.5	3/8"	70-85
4.75	N°4	43-58
2.36	N°8	28-42
0.6	N°30	13-24
0.3	N°50	8-17
0.15	N°100	6-12
0.075	N°200	4-8

**9.8.3 Cemento Asfáltico Modificado**

En el caso de emplearse asfalto clasificado por Desempeño corresponderá a Modificado con un Polímero Elastomérico SBS el que se empleará de acuerdo a los tránsitos descritos en Tabla Tránsito – PG y que deberá cumplir los requisitos señalados en Tablas a continuación

**Tabla 9.8.5**

Tránsito - PG

Tránsito	PG	Observación
Tránsito < 3 MM EE	70 - 22	Lento
Tránsito >= 3MM EE	76 - 22	Lento

**Tabla 9.8.6**

Tránsito - PG

Grado de Desempeño	PG70 22	PG76 22
Temperatura máxima de diseño móvil de temp. Máx. de pavimento, °C (a)	<70	<76
Temperatura mínima del pavimento de diseño, °C	>-22	>-22
<b>Ligante Asfáltico Original</b>		
Punto de inflamación. 8.302.9, temperatura mínima. °C 230	230	
Viscosidad, 8.302.24, máx. 3 Pas, temperatura ensaye, °C (b)	135	
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 1,00 kPa, temp. Ensaye, °C	70	76
<b>Horno Rotatorio de Película Delgada RTFOT (8.302.33)</b>		
Pérdida de masa, porcentaje máx.	1	
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 2,2kPa, temp. Ensaye, °C	70	76
<b>Cámara de envejecimiento a presión pav (8.302.23)</b>		
Temp. De envejecimiento, °C (d)	100	100
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, G*/senθ (f) mín. 5000 kPa, temp. Ensaye, °C	28	31
Rigidez en creep, 8.302.25 a 60 s, S máx 300 MPa, valor-m mín. 0,300 temp. Ensaye, °C	-12	-12
Tracción directa, 8.302.26, 1 mm/min, deformación de rotura, mín. 1,0 % temperatura ensaye, °C	-12	-12

En el caso de emplearse asfalto clasificado por Penetración este corresponderá a CA 60-80 Modificado con un Polímero Elastomérico SBS, el que deberá cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente Tabla.

**Tabla 9.8.7**

Cemento Asfáltico Modificado con Polímero

Ensayo	Requisito	Método
Penetración, 25°C, 100g, 5 seg, (0.1 mm)	60-80	8.302.3 (LNV 34)
Punto de Ablandamiento (°C)	Min.65	8.302.16 (LNV 48)
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min (cm)	Min.80	8.302.8 (LNV 35)
Recuperación Elástica, 13°C, 20 cm, 1 hr (%)	Min.50	DIN 52013
Recuperación Elástica por Torsión, 25 °C (%)	Min.60	NLT 329
Índice de Penetración	Min.+2	8.302.21 (1)
Índice de Frass (°C)	Máx.-17	8.302.17 (NLT 182)
Punto de Inflamación (°C)	Min.235	8.302.23 (LNV 36)
Ductilidad, 5°C, 5 cm/min (cm)	Min.50	8.302.24 (LNV 35)
<b>Estabilidad de Almacenamiento (NLT 328)</b>		
Diferencia Punto de Ablandamiento, °C	Máx.5	8.302.16 (LNV 48) (2)
Notas:		
1.- Se determinará a partir de la penetración a 2 temperaturas, 15 y 35 °C		
2.- Se requiere entre muestra superior e inferior, posterior al de almacenamiento según la citada norma		

Se solicita además el reporte del ensayo de Microscopía de Epifluorencia, para la visualización de la compatibilidad Betún-Modificador, aceptando una inversión en el rango “Buena” a “Regular”, cuestión que de no cumplirse será razón para el rechazo del betún.

**9.8.3.1 Control Requisitos al Cemento Asfáltico Modificado**

El constructor deberá entregar a la I.T.O por cada partida, la fotocopia proporcionada por la planta asfáltica de todos los requisitos exigidos al cemento asfáltico modificado mostrados en la Tabla E, será válido el certificado del proveedor del cemento asfáltico con una antigüedad no superior a 6 meses, sin perjuicio de que la ITO pueda exigir algún ensayo en particular a un laboratorio de contra muestra.

El Informe deberá indicar entre otros puntos, el nombre comercial del betún, y además el porcentaje de éste con respecto al Betún, el cual deberá ser como mínimo de un 3%.

Proveedor de ligante deberá indicar temperaturas de mezclado y compactación debiendo el contratista reportar mediante los documentos extendidos por este, incluyendo curva de viscosidad vs temperatura.

**9.9 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS**

Las propiedades de estas mezclas se determinarán según MC Vol.8 titulo 8.302.47 (Deformación plásticas de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall), y su diseño se realizará de acuerdo al mismo Manual título 8.302.40.

La mezcla asfáltica para carpeta de rodadura deberá cumplir con las siguientes exigencias relativas al Método Marshall de diseño:

**Tabla 9.9.1**

Cemento Asfáltico Modificado con Polímero

Ensayo	Requisito
Estabilidad (N)	12
Fluencia (0.25 mm)	8-14
Huecos en la mezcla (%)	4-5
Vacíos agregado mineral, VAM (min)	13%, para TMN 19mm
	14%, para TMN 12.5mm
Vacíos llenos de asfalto, VFA (min)	1.3
Velocidad de Deformación (um/ min) (máx)	15 (1)
Notas:	
(1) En el intervalo 105 120 min, en el ensayo de rueda de carga	

El laboratorio determinará el diseño de la mezcla de trabajo y fijará valores precisos para:

- Porcentaje óptimo de Cemento Asfáltico referido al peso total de los agregados, con ± 0.3% de tolerancias.
- El rango de temperatura de la mezcla al salir de la Planta.
- Densidad y Estabilidad Marshall para el % óptimo de cemento asfáltico.
- Temperatura de mezclado y temperatura de compactación.

El diseño de la mezcla asfáltica a utilizar en la obra, deberá ser informado mediante certificados por laboratorios especializados con inscripción vigente MINVU y contar con V° B° de la Inspección Técnica antes que el contratista inicie la fabricación de la mezcla.

## 9.9.1 Wheel Tracking Test (WTT)

Para el diseño de la mezcla se deberá considerar además de lo descrito en el punto anterior la realización de la prueba de Wheel Tracking, para la evaluación del comportamiento de la mezcla frente a las deformaciones permanentes o ahuellamiento, para lo cual se ensayará una probeta realizada, según la especificación correspondiente de la prueba, con la dosificación que satisfaga los criterios de diseño del Método Marshall, la que deberá cumplir con una velocidad máxima de deformación en el intervalo entre 105 y 120 minutos menor que 15  $\mu\text{m}/\text{min}$  (quince micrones por minuto), al ser sometida al ensaye de rueda de carga o Wheel tracking.

Alternativamente podrá emplearse la norma EN 12697-22 al aire a 60°C y opcionalmente en agua a 50°C para zonas lluviosas, para reportar comportamiento a deformación permanente de este tipo de mezcla; las probetas deberán envejecerse según Norma ASHTO R30-02(2010) con un contenido de vacíos del 7% con una tolerancia de  $\pm 1\%$  Las probetas.

## 9.10 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

### 9.10.1 Preparación de la Superficie

Antes de iniciar las faenas de colocación de las mezclas asfálticas, se deberá verificar que la superficie satisfaga los requerimientos para la aplicación del Riego de Liga, establecidos en las especificaciones de esta partida.

### 9.10.2 Producción de la Mezcla

#### 9.10.2.1 Plan de Trabajo

Antes de poner en marcha la planta asfáltica, el contratista deberá proporcionar a la I.T.O para su aprobación, un plan detallado de trabajo, el que deberá incluir, como mínimo, un análisis y descripción de los siguientes aspectos, los cuales podrán ser verificados por éste en planta previo a su aprobación, debiendo el contratista asegurar dicha verificación:

- Equipo disponible: Se deberá indicar la cantidad, estado de conservación y características de los equipos de mezclado, transporte y colocación, incluyendo los ciclos programados para cada fase y los resultados de los procesos de calibración de los mismos.
- Personal de Faenas: se deberá presentar un organigrama detallando las áreas de competencia y las responsabilidades de los diversos jefes de faenas, así como el número de personas que se asignará a las diversas operaciones.
- Programación: se deberá incluir el programa a que se ajustarán las faenas, de manera de asegurar la continuidad y secuencia de las operaciones, la disposición del tránsito, si corresponde, los controles de rendimientos y las características de la producción.
- Procesos de Producción: se deberá entregar un documento en el cual se detallen los procesos de producción tanto de los áridos como el de la Mezcla Asfáltica.

#### 9.10.2.2 Características de la Planta Asfáltica

Se deberá disponer de un lugar separado para el acopio de los áridos a utilizar en la mezcla, no pudiendo estar en el mismo sector de los utilizados en las mezclas que cotidianamente realice la

planta asfáltica. Además se deberán identificar los acopios correspondientes a los distintos tamaños a utilizar.

### 9.10.2.3 Características de la Planta Mezcladora

La mezcla será preparada en plantas de tambor, continuas o discontinuas que permitan reproducir las dosificaciones y mezclas con las características exigidas por esta sección. Cualquiera sea el tipo de planta que se utilice, las unidades principales deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento, de manera de que trabajen en forma regular y dispone como mínimo de los siguientes elementos.

- Balanzas de precisión no inferior que 5 kg, diseñadas para quedar fijas en cualquier posición.
- Un mínimo de tres tolvas para mezclas destinadas al almacenamiento y alimentación de los áridos en frío.
- Secador de áridos
- Colector de Polvo
- Unidad de control de graduación del árido
- Reja protectora del secador que impida el ingreso de sobre tamaño
- Ductos de aire auxiliares destinados a reducir el polvo en el área de trabajo
- Ventilador que permita controlar el flujo de aire del quemador y colector de polvo
- Tolvas para almacenar el árido caliente
- Elementos de pesaje u otro que permita un control de la producción en operación continua
- Elemento independiente para pesaje del asfalto o una bomba conectada al sistema de alimentación que permita controlar la cantidad incorporada
- Mezclador de doble paleta
- Alimentación por medio de una cinta transportadora y compuertas regulables
- Alimentador de vaivén con compuerta regulable
- Estrías del secador en buen estado
- Recolector de finos para el realimentador
- Sistema de medición y alimentación de polvo mineral (filler), si se utiliza.

### 9.10.2.4 Controles

Durante el proceso de preparación de las mezclas asfálticas, se deberán efectuar los siguientes controles:

- La cantidad alimentada de árido en frío, en el punto de ingreso de este a la planta.
- Humedad de los áridos a la salida del secador, la que no deberá ser superior al 0.5 % del peso

- Temperatura media de los áridos a la salida del secador.
- Temperatura del concreto asfáltico que esta siendo mezclado con los áridos, la que deberá estar de acuerdo con la viscosidad requerida
- Cantidad de asfalto que esta siendo incorporada y su reacción con los áridos que entran al mezclador.
- Homogeneidad de la mezcla asfalto-áridos, puesto que no se deberán colocar mezclas que presenten piedras sin recubrir o con escurrimiento libre del ligante bituminoso
- Temperatura de la mezcla inmediatamente a la salida del mezclador, la que deberá estar de acuerdo con la viscosidad requerida
- Contenido de asfalto y granulometría de los áridos de la mezcla preparada, la cual deberá ajustarse a la banda de trabajo.

La inspección SERVIU podrá en todo contrato evaluar en planta el proceso productivo para asegurar la calidad de las obras del mismo modo, de tratarse de obras financiadas con fondos privados, podrá realizar control periódico en planta a convenir con las empresas.

<b>10 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA OBRAS DE PAVIMENTACIÓN EN HORMIGON</b>	<b>3</b>
<b>10.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>3</b>
10.1.1 REPLANTEO GEOMÉTRICO	3
10.1.2 EXCAVACIÓN EN CORTE	3
10.1.4 SUB-RASANTE	4
10.1.5 CONTROLES	4
10.1.5.1 De compactación	4
10.1.5.2 C.B.R.	5
<b>10.2 BASE ESTABILIZADA</b>	<b>5</b>
10.2.1 MATERIALES	5
10.2.2 LIMITES DE ATTERBERG	6
10.2.3 DESGASTE “LOS ANGELES”	6
10.2.4 PODER DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)	6
10.2.5 COMPACTACION	6
10.2.6 CONTROLES	6
10.2.6.1 Compactación	6
10.2.6.2 C.B.R.	6
10.2.6.3 Graduación y Límites de Atterberg	6
10.2.6.4 Desgaste “Los Ángeles”	7
10.2.6.5 Tolerancia de Espesor y Terminación Superficial	7
<b>10.3 PAVIMENTO DE HORMIGON DE CEMENTO VIBRADO PARA CALZADAS</b>	<b>7</b>
10.3.1 CONDICIONES AMBIENTALES	7
10.3.2 PREPARACION DE LA BASE ESTABILIZADA	7
10.3.3 DIMENSIONES	7
10.3.4 MOLDES	7
10.3.5 MATERIALES	8
10.3.6 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	9
10.3.7 MEDICION DE MATERIALES	9
10.3.8 HORMIGON	9
10.3.8.1 Dosificación	9
10.3.8.2 Mezclado	10
10.3.8.3 Transporte	10
10.3.8.4 Colocación	10

10.3.8.5 Compactación	10
10.3.8.6 Terminación	10
10.3.8.7 Curado	10
10.3.9 JUNTAS	11
10.3.9.1 Juntas Transversales de Contracción	11
10.3.9.2 Juntas transversales de expansión	11
10.3.9.3 Juntas longitudinales	12
10.3.9.4 Esquinas Agudas	12
10.3.9.5 Sellado de Juntas	12
10.3.9.6 Protección del Pavimento y Apertura al Tránsito	12
10.3.10 RESISTENCIAS	13
10.3.11 CONTROLES	13
10.3.11.1 Normas para las cantidades de extracción de testigos, para ensayos de resistencias y espesores.	13
10.3.12 PUESTA EN SERVICIO	13
<b>10.4 TOLERANCIAS Y MULTAS</b>	<b>13</b>
10.4.1 RESISTENCIA MECANICA	14
10.4.4 LISURA	16
10.4.5.1 REMUESTREOS	17
10.4.5.2 REMUESTREO POR RESISTENCIA MECANICA	17
10.4.5.3 REMUESTREO POR RESISTENCIA y ESPESOR CUANDO EN LA EVALUACION REGISTRA MULTA	18
10.4.5.4 REMUESTREO POR LISURA Y RUGOSIDAD SUPERFICIAL (IRI)	18
10.4.5.5 TRATAMIENTO DE GRIETAS Y FISURAS	19

## **10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE PAVIMENTACIÓN EN HORMIGÓN**

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes Especificaciones Técnicas y a los Planos correspondientes, además en cuanto no se opongan a éstas, deberá cumplirse con las Normas I.N.N.

### **10.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

#### **10.1.1 REPLANTEO GEOMÉTRICO**

El Contratista replanteará la solución geométrica del proyecto en planta, definiendo los ejes, vértices y deflexiones en terreno así como las líneas de soleras. No se podrá continuar con las etapas posteriores de la ejecución de las obras, mientras la Inspección Técnica de Obras (I.T.O.) del SERVIU Metropolitano no haya recepcionado satisfactoriamente esta partida, registrándola en el Libro de Inspección de Obras.

#### **10.1.2 EXCAVACIÓN EN CORTE**

En aquellos sectores en que la sub rasante de las calles va en corte, se excavará el material necesario para dar espacio al perfil tipo correspondiente.

En caso de encontrar material inadecuado bajo el horizonte de fundación, deberá extraerse en su totalidad, reponiéndolo con el material especificado en el punto 1.3 y compactándolo a una densidad no inferior al 95%, de la densidad máxima compactada seca (D.M.C.S.) del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

Por material inadecuado ha de entenderse rellenos no controlados o suelos naturales con un Poder de Soporte California (C.B.R.) inferior en 20 % al C.B.R. de Proyecto.

Cuando el 20% o más de las muestras de los C.B.R. de sub-rasante sean inferiores al 80 % del C.B.R. de diseño, el material de la sub-rasante deberá ser reemplazado por uno que corresponda a lo menos al C.B.R. de diseño, o bien, se deberá rediseñar y aprobar su diseño por medio de Departamento de Proyectos.

#### **10.1.3 RELLENOS**

Se formarán con el mejor material proveniente de la excavación o empréstito si se requiere. El C.B.R. mínimo exigible del material será el C.B.R. de diseño.

Todos los materiales que integran el relleno deberán estar libres de materias orgánicas, pasto, hojas, raíces u otro material objetable. El material de relleno deberá contar con visto bueno de la I.T.O.

El material de relleno colocado en capas deberá corresponder al tipo de suelo y al equipo de compactación a emplear. En todo caso, el espesor máximo de la capa compactada será de 0,15 m para suelo fino (arcilla limo); de 0,20 m para finos con granulares y de 0.30 m para suelos granulares.

Podrá aumentarse el espesor de la capa a compactar, sí se dispone de equipos modernos y se presenta la debida justificación comprobada en una cancha de prueba, lo que será verificado en terreno por la I.T.O. y contar con el visto bueno del Departamento Proyectos de Pavimentación: En esas condiciones la I.T.O. podrá autorizar el aumento de espesor.

En la formación de las diferentes capas de rellenos se podrán aceptar bolones de tamaño máximo igual a los 2/3 del espesor compactado de la capa y en una proporción tal que quede uniformemente distribuida, sin formar nidos ni zonas inestables. Las capas de rellenos deberán ser compactadas al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

### 10.1.4 SUB-RASANTE

Una vez ejecutados los trabajos necesarios para dar los niveles de sub rasante se deberá proceder como se indica:

- El suelo se escarificará 0,20 m y se compactará a objeto de proporcionar una superficie de apoyo homogénea, con la excepción de suelos finos del tipo CH y MH, en que se cuidará de no alterar la estructura original del suelo.
- La compactación se realizará hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.
- El Contratista deberá solicitar la recepción de esta partida antes de proceder a la colocación de la capa estructural siguiente. Para este efecto deberá presentar los resultados obtenidos por el laboratorio de terreno, puede ser por medio de la orden de trabajo (**O.T.**) o Informes de ensayos.

La sub-rasante terminada deberá cumplir, además de la compactación especificada, con las pendientes y dimensiones establecidas en el proyecto.

***Nota: En sectores donde existe arcilla expansiva (CH)  $\leq$  a 3 % de C.B.R., considerar bolones de procedencia fluvial de cantos redondeados, tamaño mínimo 8", con tolerancia  $\pm$  1", incrustados a mano.***

***Inmediatamente se procederá a colocar una capa de arena, la cual tendrá la función de llenar los vacíos dejados por los bolones.***

***Sobre los bolones se colocará una cama de arena de 2 cm, ya que posteriormente se instalará un geotextil tejido con un traslapo de 0,50 m cosido, con resistencia a la tracción con una resistencia de 1300 (N). (Ver lámina Perfil tipo en los planos respectivos)***

### 10.1.5 CONTROLES

Sub-rasante y rellenos

#### 10.1.5.1 De compactación

Un ensayo de densidad "in situ" cada 350 m<sup>2</sup> como máximo por capa.

Alternativa : cada 50 m lineales de Calle o Pasaje.

Se controlará la compactación preferentemente a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear u otro especificado por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

La I.T.O. podrá verificar que el densímetro nuclear se encuentre debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses.

**10.1.5.2 C.B.R.**

Un ensaye por calle o pasaje como mínimo, salvo si existe cambio de material.

De detectarse heterogeneidad del suelo de sub-rasante o de rellenos, se tomarán otros C.B.R. complementarios.

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

Del 100% de los controles exigidos por vía, el 70% los realizará el laboratorio seleccionado por el Contratista de entre la lista de laboratorios inscrito en el MINVU y el 30% restante será realizado por el laboratorio de contramuestra (del registro MINVU) visado por la ITO.

**10.2 BASE ESTABILIZADA**

La capa de base deberá cumplir las siguientes especificaciones.

**10.2.1 MATERIALES**

El material a utilizar deberá estar constituido por un suelo del tipo grava arenosa, homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, de materiales vegetales o de cualquier otro material perjudicial.

Deberá contener un porcentaje de partículas chancadas para lograr el C.B.R. especificado y el 50 % o más de las partículas retenidas en el tamiz N° 4 ASTM (American Society for Testing and Materials), tendrán a lo menos 2 caras fracturadas.

Deberá estar comprendida dentro de la siguiente banda granulométrica:

**Tabla 10.2.1**  
Banda Granulométrica de la Base Estabilizada

TAMIZ ASTM	% QUE PASA EN PESO
2"	100
1"	70 - 90
3/8"	30 - 65
N° 4	25 - 55
N° 10	15 - 40
N° 40	8 - 20
N° 200	2 - 8

La fracción que pasa por la malla N° 200 no deberá ser mayor a los 2/3 de la fracción del agregado grueso que pasa por la malla N° 40.

La fracción que pasa la malla N° 4 deberá estar constituida por arenas naturales o trituradas.

**10.2.2 LIMITES DE ATTERBERG**

La fracción del material que pasa la malla N° 40 deberá tener un límite líquido inferior a 25% y un índice de plasticidad inferior a 6 o No Plástico (NP).

**10.2.3 DESGASTE "LOS ANGELES"**

El agregado grueso deberá tener un desgaste inferior a un 50% de acuerdo al ensayo de desgaste "Los Angeles", NCh 1369.

**10.2.4 PODER DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)**

Base C.B.R.  $\geq$  60%

El C.B.R. se medirá a 0.2" de penetración, en muestra saturada y previamente compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

**10.2.5 COMPACTACION**

Base C.B.R.  $\geq$  60%

La base estabilizada deberá compactarse hasta obtener una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

**10.2.6 CONTROLES****10.2.6.1 Compactación**

En la capa de base estabilizada, se efectuarán un ensayo de densidad "in situ" cada 350 m<sup>2</sup> como máximo.

Alternativa: cada 50 m lineales de Calle o Pasaje.

Se controlará la compactación preferentemente a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear u otro especificado por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

El densímetro nuclear deberá encontrarse debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses.

**10.2.6.2 C.B.R.**

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup> si se prepara "in situ".

**10.2.6.3 Graduación y Límites de Atterberg**

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 150 m<sup>3</sup> si se prepara "in situ".

**10.2.6.4 Desgaste "Los Ángeles"**

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia, NCh 1369.

Un ensayo cada 300 m<sup>3</sup> si se prepara "in - situ".

**10.2.6.5 Tolerancia de Espesor y Terminación Superficial**

Se exigirá un certificado de espesor por medio de una calicata por vía, para verificar el espesor real de la capa.

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

Del 100% de los controles exigidos por vía, el 70% los realizará el laboratorio seleccionado por el Contratista de entre la lista de laboratorios inscrito en el MINVU y el 30% restante será realizado por el laboratorio de contramuestra (del registro MINVU) visado por la ITO.

**10.3 PAVIMENTO DE HORMIGON DE CEMENTO VIBRADO PARA CALZADAS****10.3.1 CONDICIONES AMBIENTALES**

No se permite la ejecución de pavimento de hormigón durante lluvia, ni con temperaturas ambientales inferiores a 5° C, ni superior a 30° C. (Salvo que el Contratista demuestre un método constructivo de ambiente controlado para la ejecución del hormigón y aprobado por la I.T.O.)

**10.3.2 PREPARACION DE LA BASE ESTABILIZADA**

Previo a la colocación del hormigón, la base estabilizada (sin nidos) se humedecerá superficialmente con agua, evitando la formación de charcos. (Se puede recebar con arena para evitar espacios entre Base y hormigón y así no produzcan diferentes daños en las losas de hormigón).

**10.3.3 DIMENSIONES**

El pavimento tendrá una carpeta de rodado conformada por una losa de hormigón del espesor y ancho indicados en la memoria y en los planos. Tendrá juntas transversales a una separación máxima de 4,50 m (3,0 m en el caso de pasajes) y juntas longitudinales a una separación máxima de 3,50 m, en caso de que la sección de pavimento sea inferior a las mencionadas será la I.T.O. quién determinará el tipo de junta a ejecutar.

**10.3.4 MOLDES**

El hormigón al momento de colocación deberá quedar restringido lateralmente, ya sea por soleras, por la pared lateral de un pavimento existente o moldes metálicos previamente cubiertos con desmoldante. Serán de una pieza, con un espesor mínimo de 6 mm, altura igual al espesor de la losa de hormigón, una longitud determinada por la I.T.O. y de sección transversal que muestre en su parte central una saliente en forma trapezoidal. Longitudinalmente los moldes deberán ser rectos, sin curvaturas, deflexiones ni abolladuras u otros defectos, sin embargo, para curvas con radios menores a 30 m. podrán usarse moldes

flexibles horizontalmente o moldes curvos del radio adecuado. Adicionalmente el contratista mantendrá en obra la cantidad de moldes adecuada de acuerdo al avance de esta y deberá asegurar entre moldes la linealidad general, perfecto afianzamiento entre moldes y base y, entre moldes, así como la limpieza sucesiva de estos luego de cada uso. En el caso de que alguna de las caras de la calzada vaya a quedar restringida, al momento de vaciar el hormigón, por soleras, éstas se pintarán con desmoldante en la zona en contacto con la calzada, a fin de evitar la adherencia entre ambos y posterior agrietamiento transversal de las soleras por efecto de las retracciones experimentadas por la calzada.

### **10.3.5 MATERIALES**

El cemento será conforme a los requisitos establecidos por la norma NCh 148. Los áridos serán chancados, en a lo menos 3 fracciones (grava, gravilla y arena) y que cumplan con los requisitos establecidos por la Norma NCh 163.

El agua de amasado será potable, en caso contrario, deberá cumplir con los requisitos establecidos por la Norma NCh 1498.

En caso de usar aditivos para el hormigón, éstos contarán con la aprobación previa de la I.T.O., y se basarán en antecedentes previos como mezclas de prueba en obras de pavimentación.

Las barras de traspaso de cargas serán de acero A44 28H lisas, en el caso que se requieran.

El compuesto de curado deberá cumplir con las Normas ASTM C309 58 o AASHTO M148 62, ser fabricados en base a resinas, reflejar más del 60% de la luz solar, poseer alta viscosidad y secado en tiempo máximo de 30 min, y que se pueda aplicar sin desmedro en sus propiedades aún en presencia de agua superficial. No se acepta compuestos de curado en base a emulsiones.

El compuesto deberá aplicarse inmediatamente después de concluida la faena de terminación del pavimento. Este deberá haber sido completamente mezclado previamente, no debiendo quedar rastro de decantación de pigmentos en el momento de su uso. Para el mezclado se deberá utilizar un agitador mecánico.

La tasa de aplicación del compuesto deberá ser como mínimo la recomendada por el fabricante, en todo caso ésta no podrá ser inferior a 0,2 L/m<sup>2</sup>. El procedimiento de aplicación deberá asegurar la correcta aplicación de la dosis, aceptándose una tolerancia de +/- 5%.

El Contratista deberá mantener, durante todo el período de curado, una constante observación del pavimento y estar atento para reparar cualquier área en que la membrana de curado haya sufrido deterioros.

La sierra para hormigón a usar podrá ser del tipo de hoja de sierra de filo de diamante o de disco abrasivo, ambos refrigerados por agua.

Las tablillas a emplear en algunas juntas de contracción serán de fibro - cemento u otro producto que no reaccione químicamente con el cemento, tendrá un espesor de unos 6 mm, ancho equivalente a 1/5 del espesor de la losa y 3.5 m de longitud.

El sello de juntas a ocupar podrá ser del tipo; masilla elástica acrílica, elastomérico en base a poliuretano, asfáltico tipo elastomérico, u otro que cumpla con las normas AASHTO respectivas, que sea capaz de experimentar una deformación equivalente al 100% y con una adhesión tal que pueda dilatarse en un 150% sin desprenderse, el que deberá ser visado por la ITO previo a su utilización. Para ello el contratista presentará oportunamente a la I.T.O. los catálogos correspondientes de los aditivos, compuesto de curado

y sello de juntas, quién expresamente autorizará su uso en la obra luego de constatar que dichos productos satisfacen plenamente los requisitos establecidos en estas Especificaciones Técnicas. A su vez, el contratista mantendrá permanentemente, durante la ejecución de la obra, visible las etiquetas de los envases de los productos mencionados.

No se aceptará cambios de tipo y calidad de materiales durante la ejecución de la obra, salvo aceptación expresa de la I.T.O.

### **10.3.6 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES**

El cemento se protegerá de la humedad en bodegas o silos evitándose un almacenamiento mayor a 60 días.

Los áridos se acopiarán sobre una superficie firme y limpia separados en fracciones, se evitará contaminaciones.

El agua de amasado se almacenará en estanques o depósitos limpios y protegidos. Se evitará contaminaciones.

Los aditivos, compuesto de curado y sello de juntas, deberán mantenerse en los envases originales cerrados evitando contaminaciones y almacenados en bodega.

Las sierras y tablillas se mantendrán en bodega cuidando cualquier deterioro físico.

### **10.3.7 MEDICION DE MATERIALES**

El cemento se medirá en peso, ya sea con básculas o usando como unidad el saco entero.

Se acepta una tolerancia máxima de + 1%.

Los áridos se medirán en peso, ya sea con básculas o romanas.

Se acepta una tolerancia máxima de un + 3% para cada fracción.

Los aditivos líquidos se medirán en volumen y los aditivos en polvo en peso. La tolerancia máxima será la indicada por el fabricante.

### **10.3.8 HORMIGON**

#### **10.3.8.1 Dosificación**

Se preparará usando los materiales indicados en el punto 3.5, que se medirán de acuerdo a lo indicado en el punto 3.7, en todo caso deberá considerarse una dosis de cemento mínima de 360 Kg.cem/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado, en base a cemento corriente. Se acepta un 10 % menos de dosificación con el uso de cementos de alta resistencia debidamente certificados por planta que cumpla con NCh148. El hormigón resultante deberá cumplir con los requisitos de resistencia establecidos en el punto 3.13 y durabilidad establecida en las ET de acuerdo a NCh 170 /16. La Dosificación debe ser presentada antes de hormigonar y con una vigencia hasta 60 días.

**10.3.8.2 Mezclado**

El mezclado y posterior revoltura de los materiales será de tipo mecánico, con un tiempo mínimo de mezclado de 1,5 min.

**10.3.8.3 Transporte**

Desde el lugar de preparación del hormigón hasta el lugar de colocación se podrá efectuar en camiones mezcladores, camiones agitadores o camiones corrientes, en este último caso, las tolvas serán lisas y lo suficientemente estancos para evitar escurrimiento del mortero, complementariamente el hormigón se cubrirá superiormente para reducir la acción del sol y del viento. La tolva se limpiará luego de cada viaje.

**10.3.8.4 Colocación**

El hormigón se depositará sobre la base en su ubicación definitiva, evitando la segregación y se esparcirá uniformemente de preferencia con equipo mecánico.

**10.3.8.5 Compactación**

La compactación se efectuará mediante cercha vibradora de superficie complementada con vibradores de inmersión preferentemente a ambos lados de la losa, a una distancia aproximada de 0,30 m. del molde y alrededor de los insertos.

**10.3.8.6 Terminación**

La superficie será terminada con equipo alisador del tipo rodillo o regla transversal, complementada con platachado manual. Adicionalmente se cuidará que la superficie quede con la rugosidad adecuada, recomendándose para ello el paso superficial de arpilleras húmedas sobre un sistema de trípodes metálicos.

**10.3.8.7 Curado**

El curado del hormigón se efectuará inmediatamente a continuación de la etapa anterior (también se aplicará a las aceras). El compuesto de curado se aplicará a toda la superficie libre del pavimento mediante pulverizadores. La relación de aplicación del compuesto por unidad de superficie o el espesor de la membrana deberá regirse por las indicaciones del fabricante. Al retirar los moldes laterales, los costados de las losas que queden expuestas deberán ser protegidos inmediatamente con un tratamiento de curado igual al aplicado en la superficie.

Complementariamente se recomienda el uso de techos móviles que impidan la acción directa de los rayos solares, aumenten la humedad relativa y disminuyan la velocidad del viento sobre la superficie del hormigón, (esta recomendación tiene carácter de obligatoria en las calzadas, en condiciones ambientales severas, como ser, temperatura ambiente superior a 25°C.)

**10.3.9 JUNTAS**

Todas las juntas deberán presentar la misma textura, densidad y lisura que las demás áreas del pavimento a ambos lados de la junta.

Cuando se construya una pista nueva adyacente a otra ya construida, la ubicación de las juntas transversales de contracción del nuevo pavimento deberán coincidir con la ubicación de las existentes, a lo largo del eje o línea del contacto, siempre que espaciamiento entre las juntas del pavimento existente sea de hasta 4 metros y existan barras de amarre en el borde de contacto. En caso contrario, la materialización de las nuevas juntas se hará cada 4 metros, independizándose de la pista contigua mediante algún elemento separador, colocado a lo largo de la junta que une ambos pavimentos.

**10.3.9.1 Juntas Transversales de Contracción**

Se dispondrán a una distancia entre sí de 3,50 m y formando un ángulo recto con el eje del camino, (en el caso de pasajes, la distancia máxima aceptable entre juntas de contracción será de 4,0 m), en el caso que la distancia sea menor o igual a 1,0 m, la I.T.O. determinara la ejecución de juntas.

Dos de cada tres juntas se realizará mediante aserrado, la otra se materializará mediante la inserción de una tablilla.

Las juntas a materializar mediante aserrado, se formarán aserrando un ranurado en la superficie de la losa con dos aserrados, el primero tendrá un ancho de aproximadamente 4 mm y una profundidad equivalente a 1/4 del espesor de la losa, el segundo se materializará centrado proporcionalmente al primero, dejando una ranura de aproximadamente 8 mm de ancho total, en una profundidad no superior a 1/4 del espesor de la losa. El tiempo transcurrido desde el vaciado del concreto y la forma de aserrado, será el mínimo tal que no se produzca alteraciones perjudicial del hormigón, en todo caso, ninguna zona de pavimento debiera ser cortada antes de 9 h o después de 14 h.

Las juntas a materializar mediante la inserción en el hormigón aún en su estado plástico de una tablilla, se construirán insertando directamente la tablilla mediante un sistema vibrador que garantice una terminación lisa y uniforme a ambos costados de la junta.

**10.3.9.2 Juntas transversales de expansión**

Este tipo de juntas se consulta en los cruces de pavimentos, cuando existan cambios de espesor y/o ancho brusco del pavimento y cuando el pavimento quede en contacto con las obras de arte o con las losas armadas de acceso a las obras de arte y coincidentes con los términos de faena diarios. Estarán provistos de barras de transmisión de cargas de 22 mm de diámetro y 40 cm de longitud, espaciados a 30 cm. Se insertarán 20 cm en el hormigón fresco y el resto de barra quedará recubierto con betún y envuelto en polietileno que se retirará al momento de dar continuidad a la losa de hormigón. Se dispondrá de una tabla de juntas, sin torceduras ni defectos y con las perforaciones correspondientes para alojar las barras de traspaso de cargas, la tabla será previamente impregnada con desmoldante.

**10.3.9.3 Juntas longitudinales**

Dividirán la calzada en fajas de pavimento de 3,0 a 3,50 m. serán del tipo machihembradas con ranura de debilitamiento formada en 2 aserrados, de las mismas características a lo señalado en el punto 10.3.9.1.

En todas las juntas longitudinales de construcción y contracción, se deberán colocar barras de amarre en forma perpendicular a la junta longitudinal y en el centro del espesor del hormigón, con una tolerancia en cualquier sentido de hasta 10 mm. El diámetro de las barras, su longitud y espaciamiento entre sí, serán los establecidos en el Proyecto. En caso contrario, se instalarán barras de acero de mínimo 650 mm de longitud, de mínimo 12 mm de diámetro y con un espaciamiento entre sí de 650 mm, u otra cuantía equivalente aprobada por la Inspección Fiscal. El acero será de Grado A44-28H con resaltes.

**10.3.9.4 Esquinas Agudas**

Aquellas esquinas de losas que por efectos del corte vayan a resultar en ángulos inferiores a 90°, serán reforzadas con 2 barras de 12 mm. de diámetro dispuestos superiormente según se esquematiza en la Lámina N° 5 del Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación. En todo caso, el ángulo agudo mínimo aceptable será de 60°, por lo tanto deberá estudiarse previamente una adecuada disposición de juntas.

**10.3.9.5 Sellado de Juntas**

Previo al sellado, cada junta deberá ser limpiada completamente de todo material extraño, asimismo, las caras de la junta deberán estar limpias y con la superficie seca cuando se aplique el sello. Se aplicará con pistola de calafateo u otro equipo que garantice uniformidad y continuidad en su colocación. La cantidad de sello será tal que cubra la junta hasta unos 4mm. bajo el nivel superior del pavimento.

**10.3.9.6 Protección del Pavimento y Apertura al Tránsito**

El Contratista deberá proveer todos los medios para proteger el pavimento, tanto de sus propios equipos como del público en general. Deberá destacar vigilantes y colocar la señalización y barreras que resulten necesarias. Cuando los trabajos se realicen en calles con tránsito, el Contratista deberá tener presente lo estipulado en las disposiciones de seguridad.

El pavimento sólo podrá ser entregado al tránsito cuando las juntas del tramo están totalmente selladas, la superficie se encuentre limpia y la resistencia de tracción por flexión del pavimento sea igual o superior al 75% de la resistencia característica específica. En todo caso, la apertura al tránsito sólo podrá realizarse con la aprobación de la I.T.O.

Será responsabilidad del Contratista conservar todas las juntas perfectamente limpias, retirando cualquier material incompresible que hubiere penetrado, desde el momento en que el pavimento se haya entregado al tránsito y hasta la recepción provisoria de las obras.

La superficie terminada del nuevo pavimento deberá estar conforme con los perfiles y secciones transversales existentes, adicionalmente, no deberá acusar en todo su desarrollo, puntos altos o bajos que excedan 4 mm. Cuando se coloque sobre ella, una regla de 3 m. paralela y transversal al eje del camino.

**10.3.10 RESISTENCIAS**

La resistencia media a 28 días a **flexotracción será 4,9 MPa**. Su equivalente en compresión cilíndrica es **G35 según NCh 170/2016 (pag.6) en cuyo caso  $f'c=35$  MPa**.

Para efectos del diseño de la dosificación respectiva ha de considerarse la resistencia especificada con un 20 % de fracción defectuosa y un coeficiente de variación mínimo de 10 % para hormigones preparados en plantas.

**10.3.11 CONTROLES****10.3.11.1 Normas para las cantidades de extracción de testigos, para ensayos de resistencias y espesores.**

Tres extracciones y ensaye de testigos, por cada 1500 m<sup>2</sup>.

Para pasajes, mínimos de extracciones y ensaye 2 testigos.

**10.3.12 PUESTA EN SERVICIO**

Previo a la recepción final del pavimento el contratista rellenará las perforaciones que se realicen en la losa como producto de la extracción de testigos. Se rellenará hasta aproximadamente 3 cm bajo el nivel superior de la losa con hormigón de igual dosificación al usado en la calzada, más aditivo expansor tipo Intraplast, los últimos 3 cm se rellenarán con mezcla asfáltica en frío.

**10.4 TOLERANCIAS Y MULTAS**

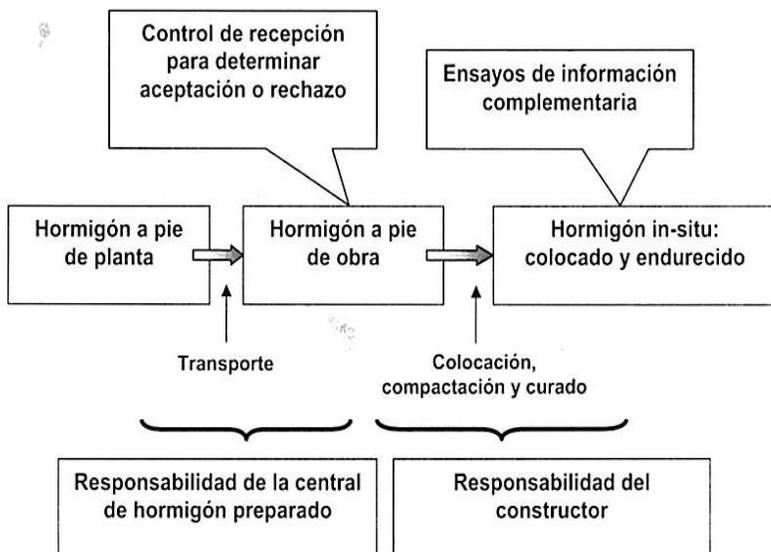
Si una vez terminado el pavimento de hormigón, presenta deficiencias en la resistencia mecánica, en el espesor, en la lisura de la superficie o en la regularidad de la superficie, las áreas involucradas estarán afectas a las multas que se señalan más adelante. Cuando a un determinado sector del pavimento de hormigón corresponda aplicar multa por más de una deficiencia, la multa a aplicar será la suma de las multas individuales con un máximo de 100% sobre la cantidad de pavimento afectado.

.Para establecer el valor del pavimento afectado, se considerarán los metros cuadrados con deficiencias y el precio unitario correspondiente del Presupuesto Compensado.

El área afectada comprenderá la longitud de la irregularidad más 2 m en cada extremo, multiplicada por el ancho de la pista afectada. (Ensaye de lisuras)

10.4.1 RESISTENCIA MECANICA

Dada la realidad en que las resistencias del hormigón suministrado pueden diferir de aquellas del hormigón colocado y endurecido, lo cual se resume en el esquema adjunto, es necesario evaluar cada una de las dos situaciones allí descritas.



**Proceso de transporte, colocación, compactación y curado de la mezcla del hormigón suministrado.**

A efectos de evaluar la calidad de la resistencia del hormigón suministrado a pie de obra, se deberán tomar muestras normalizadas de hormigón fresco en probetas cilíndricas y aplicar la metodología de evaluación estadística por medias móviles consecutivas. Para considerar que la calidad del hormigón suministrado es acorde a las presentes especificaciones, cada muestra individual deberá ser mayor, o igual, a  $f'c - 5,5$  MPa y, simultáneamente, el promedio de tres muestras consecutivas debe ser mayor, o igual, a  $f'c - 1,5$  MPa.

Sin desmedro de lo anterior, se deberán ejecutar en forma obligatoria la extracción de testigos con frecuencia indicada en 10.3.11.1 para determinar la resistencia a la compresión cilíndrica del hormigón colocado y endurecido. La resistencia mecánica de las calzadas de hormigón será evaluada mediante dichos testigos ensayados a compresión y expresados en probetas cilíndricas normalizadas. Se considera aceptable si el promedio aritmético de los tres testigos es igual o superior a  $0,85 f'c$  y cada resultado individual es igual o superior a  $0,75 f'c$ . Con ello se evalúa la calidad de los procesos de colocación, compactación y curado del hormigón suministrado. (Nota: para pasajes, mínimos de extracciones y ensaye 2 testigos)

Dichas exigencias deberá cumplirse mediante certificados otorgados por laboratorios acreditados.

**10.4.2. RESISTENCIAS (EVALUACION)**

La resistencia mecánica de las calzadas de hormigón, será evaluada mediante flexotracción, de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Resistencia a la Flexotracción} = \frac{\text{Resistencia cilíndrica moldeada}}{7,8}$$

$$R_{kc} = R_m(1 - Tv)$$

**Ecuación 10.4.1**

*Resistencia Característica Obtenida en Obra*

$$Multa = \left(1 - \frac{R_{kc \text{ de Obra}}}{R_{kc \text{ del Proyecto}}}\right) \times 6 \times A \times Pu$$

**Ecuación 10.4.2**

*Multa Según Resistencia Mecánica*

- R<sub>kc</sub>** = Resistencia característica a la flexotracción en kg/cm<sup>2</sup>. (En obra)
- R<sub>m</sub>** = Resistencia media en kg/cm<sup>2</sup>, de los resultados obtenidos a través del ensayo de testigos y transformados a cilíndricos de 0,15 m. de diámetro y altura 0,30 m. (En obra) / 0.85 para transformar resultados a Resistencia moldeada.
- v** = Coeficiente de variación  $v = s/R_m$
- s** = Desviación estándar de los resultados.
- t** = Coeficiente de Student para una fracción defectuosa de un 20% en función del N° de mediciones o ensayos.
- A** = Área total del pavimento defectuoso (m<sup>2</sup>)
- Pu** = Precio por m<sup>2</sup> de la calzada de H.C.V., de acuerdo al presupuesto compensado elaborado por el Serviu.

**10.4.3 ESPEORES (EVALUACION)**

Las multas por espesor de las calzadas de hormigón, será evaluada de acuerdo a lo siguiente:

$$Ike = Em(1 - Tv)$$

**Ecuación 10.4.3**

*Índice Característico del Espesor*

$$Multa = \left(1 - \frac{Ike}{Ep}\right) \times 6 \times A \times Pu$$

**Ecuación 10.4.4**

*Multa Según Espesor*

- Ike** = Índice característico del espesor de la capa en análisis del pavimento, calculado de acuerdo a la siguiente expresión.
- Ike** = (1 - tv) Em
- v** = s/Em, coeficiente de variación
- Em** = Espesor medio del pavimento (En obra)
- Ep** = Espesor de proyecto de la capa de pavimento en análisis.
- A** = Área total del pavimento defectuoso (m2)
- Pu** = Precio por m2 de la calzada de H.C.V., de acuerdo al presupuesto compensado elaborado por el Serviu.

Quando Ike/Ep sea menor a 0,85, el sector de pavimento será rechazado, y por tanto, se deberá rehacer según el proyecto.

**10.4.4 LISURA**

Aplicable a vías Locales (calles) y no a Pasajes (Circulación peatonal y tránsito eventual de vehículos), cuya obra sea de una longitud inferior a 1.000 m. En los casos que no se ensaye RUGOSIDAD SUPERFICIAL (IRI), aplicar ensaye de lisuras en vías particulares.

Será responsabilidad del Contratista, a través de su autocontrol, verificar la lisura del pavimento tan pronto sea posible tras su construcción, de modo de ejecutar inmediatamente las correcciones necesarias sin alterar las características estructurales y de serviciabilidad de la mezcla. Sólo cuando la I.T.O. lo autorice podrán hacerse correcciones de lisura posteriores; en todo caso, de ser autorizadas, estas correcciones podrán incluir rebajes de puntos altos de hasta 5 mm, cuando ello no signifique un espesor resultante inferior al contratado. Además tendrá que restituirse el texturado de la superficie pulida.

Los controles de lisura se regirán por lo estipulado en el Método LNV 18 (Hi-Low).

Las condiciones de aceptación y multas asociadas al nivel de irregularidad detectado se indican en la siguiente tabla, sobre valores de la capa superficial en el área afectada:

**Tabla 10.4.1**

Multas por Lisura

<b>IRREGULARIDAD (mm)</b>	<b>MULTAS</b>
5	-
6	2%
7	5%
8	15%
9	25%
10	100% ó se rehará

Los rangos de irregularidad afectos a multas, se podrán aumentar en un 50% en las siguientes Singularidades: sobre tapas de cámara de inspección, sumideros, cambios de pendiente longitudinal (mayor a 20 %) empalme de pavimentos y solera zarpa.

#### **10.4.5 REPRESENTATIVIDAD DEL REMUESTREO**

##### **10.4.5.1 REMUESTREOS**

El contratista podrá solicitar remuestreos por cada uno de los controles receptivos, debiendo considerar a su cargo el costo de la toma de testigos y ensayos con un tercer laboratorio.

##### **10.4.5.2 REMUESTREO POR RESISTENCIA MECANICA**

En el caso de que una zona no cumpla la evaluación indicada en el punto 10.4.1., existe un riesgo con respecto a la seguridad estructural y el hormigón afectado debe ser sometido a la investigación que ordenen los proyectistas.

- Comprobar la validez del ensayo
- Identificar la Zona Comprometida
- Inspeccionar Visualmente la zona y dejar constancia de los eventuales errores de colocación del hormigón.
- Realizar ensayos por métodos no destructivos y/o

Sin perjuicio de lo anterior, es recomendable que se considere entre otras posibilidades, extraer, nuevamente, como mínimo, tres testigos por cada zona defectuosa investigada. El hormigón se considera aceptable si el promedio aritmético de los tres testigos es igual o superior a 0,85 f'c y cada resultado individual es igual o superior a 0,75 f'c.

Si la investigación confirma la existencia de hormigones defectuosos, el propietario de la obra adoptará las medidas que indique los Proyectistas Estructurales, algunas de las cuales pueden ser las siguientes:

- Rechazo del hormigón y exigencias de demolición y reposición.

- Aceptación del hormigón, condiciona a su reparación y/o refuerzo.
- Aceptación del hormigón sujeto a penalizaciones.
- Si la zona remuestreada no cumple con **fo (límite inferior 29,5 MPa)**, esta será demolida. **El área defectuosa** se extenderá hasta los paños inmediatamente anterior a los testigos con resultados en cumplimiento, en ambos lados.
- En este último punto, y en caso de volver a acotar el área a demoler, el criterio a utilizar será el que el ITO del contrato en cuestión determine que mejor favorezca al proyecto y su ejecución.
- A los sectores que fueran demolidos y rehechos se les exigirá al menos tres testigos para resistencia y espesor representativo del sector.

### 10.4.5.3 REMUESTREO POR RESISTENCIA y ESPESOR CUANDO EN LA EVALUACION REGISTRA MULTA

El remuestreo por concepto de resistencias y espesores se hará tomando tres testigos adicionales en los sectores medio entre la zona a remuestrear y la inmediatamente anterior y posterior a ésta. Con el resultado que arrojen estos testigos se procederá a recalcular el área afectada originalmente, considerando sólo el área deficiente.

El Director de la obra podría considerar un segundo remuestreo para disminuir el área deficiente.

### 10.4.5.4 REMUESTREO POR LISURA Y RUGOSIDAD SUPERFICIAL (IRI)

Los remuestreos por concepto de lisura o rugosidad (para los casos que aplique) se efectuarán sólo cuando se haya hecho la reparación autorizada por la I.T.O. La longitud mínima para efectuar el remuestreo será de 1 km continuo por pista o la longitud total del tramo pavimentado si es inferior a 1 km. Los resultados de este remuestreo reemplazarán a las del muestreo original y se hará la evaluación según lo indicado en estas Especificaciones Técnicas.

**10.4.5.5 TRATAMIENTO DE GRIETAS Y FISURAS**

Previo al tratamiento de las grietas y fisuras, el producto a utilizar deberá contar con la aprobación de la Inspección Técnica de Obras, adjuntando las especificaciones del proveedor.

Para el tratamiento de grietas y fisuras se recomienda utilizar un producto en base a resina epóxica modificada, exento de solventes, de excelente fluidez. Y tiene como objetivo recuperar las características monolíticas de una estructura agrietada.

Para su aplicación, las superficies de las grietas deben encontrarse sanas, exentas de polvo, grasa, aceite o cualquier impregnación que pueda actuar como elemento desmoldante que impida lograr una buena adherencia.

Para la limpieza es conveniente tratar con agua a presión y/o aire comprimido exento de aceite.

Existen dos métodos para efectuar una reparación:

Método gravitacional

Método por presión.

El método gravitacional se puede emplear en elementos horizontales en fisuras cuyo ancho es superior a 0,5 mm y consiste fundamentalmente en formar a lo largo de una fisura un canal con cemento o yeso(u otro especificado), vertiendo en este canal el producto a ocupar.

El Método por presión es aplicable en elementos horizontales y en elementos verticales, colocando tubos a lo largo de la grieta adhiriéndolos y sellando la grieta con el producto a aplicar.

Se deben mezclar totalmente los contenidos de los envases de la resina y el endurecedor (partes A y B), en un recipiente seco y limpio, agitando en forma manual o mecánica durante 3 minutos hasta obtener una mezcla homogénea.

En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se podrán subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas los Datos Técnicos.

Las herramientas y los instrumentos deben ser limpiados después de su empleo con diluyente a al piroxilina.

Para inyección con gravedad se debe verter el producto por aplicar directamente a la grieta, hasta constatar un completo llenado.

La inyección por presión se debe iniciar cuando el adhesivo para las boquillas y el sellado esté endurecido (24 horas), desde la boquilla que esté en el punto más bajo.

La velocidad de inyección debe ser lenta con una presión constante hasta que el líquido aparezca por la boquilla siguiente, continuando con esta operación en forma similar hasta finalizarla.

<b>11</b>	<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DE VEREDA, SOLERAS Y SOLERILLAS</b>	<b>2</b>
<b>11.1</b>	<b>VEREDAS DE H.C.</b>	<b>2</b>
<b>11.2</b>	<b>ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS</b>	<b>2</b>
<b>11.3</b>	<b>TOLERANCIAS Y MULTAS</b>	<b>2</b>
11.3.1	RESISTENCIA MECÁNICA	3
<b>11.4</b>	<b>RESISTENCIA MECÁNICA (EVALUACION, PARA ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS)</b>	<b>3</b>
11.4.1	ESPEORES (EVALUACION, PARA ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS Y VEREDAS NORMALES)	4
<b>11.5</b>	<b>SOLERAS TIPO "A"</b>	<b>5</b>
11.5.1	DIMENSIONES	5
11.5.2	DOSIFICACIÓN	5
11.5.3	CONTROLES	5
11.5.3.1	Ensaye de flexión	5
11.5.3.2	Ensaye de impacto	5
11.5.4	COLOCACIÓN	6
11.5.4.1	Dimensiones Del Emplantillado	6
11.5.5	ACEPTACIÓN Y RECHAZO	6
<b>11.6</b>	<b>SOLERAS TIPO "C"</b>	<b>7</b>
11.6.1	DIMENSIONES	7
11.6.2	DOSIFICACIÓN	7
11.6.3	CONTROLES	7
11.6.3.1	Resistencia a la flexión	7
11.6.3.2	Resistencia al impacto	7
11.6.4	COLOCACIÓN	8
11.6.4.1	Dimensiones Del Emplantillado	8
11.6.5	ACEPTACIÓN Y RECHAZO	8
<b>11.7</b>	<b>SOLERILLAS DE H.C.V. DE ALTA RESISTENCIA</b>	<b>8</b>
11.7.1	DIMENSIONES	8
11.7.2	DOSIFICACIÓN	8
11.7.3	CONTROLES	9
11.7.4	COLOCACIÓN	9
11.7.4.1	Dimensiones Del Emplantillado	9
11.7.5	ACEPTACIÓN Y RECHAZO	9

## **11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VEREDA, SOLERAS y SOLERILLAS**

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes, además en cuanto no se opongan a éstas, deberá cumplirse con las Normas I.N.N.

Estas Especificaciones corresponden a obras para veredas de hormigón. En relación a las soleras, de vías contempladas en la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, deben corresponder a Soleras Tipo "A" y Soleras Tipo "C" aquí descritas.

### **11.1 VEREDAS DE H.C.**

Este pavimento consistirá en una losa de 0,07 m de espesor uniforme y se ejecutará por el sistema corriente de compactación del hormigón (no vibrado). Se construirá sobre una capa de arena de 1 cm de espesor colocada sobre la base de afinado.

La dosificación del hormigón considerará una mínima dosis de cemento corriente de 320 Kg.cem/m<sup>3</sup>, 288 Kg.cem/m<sup>3</sup> en caso de utilizar cemento de grado alta resistencia, de hormigón elaborado en planta y el árido grueso será del tipo gravilla, es decir, de tamaño máximo 3/4".

La vereda se platachará con energía oportunamente hasta obtener una superficie uniforme y sin poros.

La base para las veredas será de 0,05 m de espesor convenientemente compactada con placa vibradora.

### **11.2 ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS**

Se construirán en los lugares que señalan los planos del proyecto. Consistirán en una vereda de ancho igual a la distancia comprendida entre las líneas de soleras y de edificación. Tendrán un espesor mínimo de 10 cm. y su espesor de base también de 10 cm y su construcción se ejecutará similar a las veredas detalladas anteriormente.

### **11.3 TOLERANCIAS Y MULTAS**

Si una vez terminado el pavimento de hormigón, presenta deficiencias en la resistencia mecánica o en el espesor, las áreas involucradas estarán afectas a las multas que se señalan más adelante. Cuando a un determinado sector del pavimento de hormigón corresponda aplicar multa por más de una deficiencia, la multa a aplicar será la suma de las multas individuales con un máximo de 100% sobre la cantidad de pavimento afectado.

.Para establecer el valor del pavimento afectado, se considerarán los metros cuadrados con deficiencias y el precio unitario correspondiente del Presupuesto Compensado.

El área afectada comprenderá la longitud de la irregularidad más 2 m en cada extremo, multiplicada por el ancho de la vereda afectada.

- Tres extracciones y ensaye de testigos, por cada 750 m<sup>2</sup>.

Para los proyectos que no sean ejecutados con Financiamiento Sectorial, no serán aplicables las multas, pero no se recibirán los pavimentos que cumplan con los criterios de rechazo.

Para el caso de las veredas de hormigón, la multa se cobrará sobre la resistencia a la compresión y/o espesor, de acuerdo a las relaciones siguientes:

**11.3.1 RESISTENCIA MECÁNICA**

La resistencia mecánica solo aplica a las veredas de hormigón espesor 10 cm (entrada de vehículos, reforzadas, tratamiento de borde) que será evaluada mediante compresión.

La resistencia cilíndrica a los 28 días **será G25 según NCh170/2016 (pag.6) en cuyo caso f'c=25 MPa.**

Para efectos del diseño de la dosificación respectiva ha de considerarse la resistencia especificada con un 20 % de fracción defectuosa y un coeficiente de variación mínimo de 10 % para hormigones preparados en plantas.

A efectos de evaluar la calidad de la resistencia del hormigón suministrado a pie de obra, se deberán tomar muestras normalizadas de hormigón fresco en probetas cilíndricas y aplicar la metodología de evaluación estadística por medias móviles consecutivas. Para considerar que la calidad del hormigón suministrado es acorde a las presentes especificaciones, cada muestra individual deberá ser mayor, o igual, a f'c -5,5 MPa y, simultáneamente, el promedio de tres muestras consecutivas debe ser mayor, o igual, a f'c -1,5 MPa.

Sin desmedro de lo anterior, deberán ejecutarse en forma obligatoria la extracción de testigos para determinar la resistencia a la compresión cilíndrica. La resistencia mecánica de las calzadas de hormigón será evaluada mediante dichos testigos ensayados a compresión y expresados en probetas cilíndricas normalizadas. Se considera aceptable si el promedio aritmético de los tres testigos es igual o superior a 0,85 f'c y cada resultado individual es igual o superior a 0,75 f'c. Con ello se evalúa la calidad de los procesos de colocación, compactación y curado del hormigón suministrado.

Dichas exigencias deberá cumplirse mediante certificados otorgados por laboratorios acreditados.

En caso que el sector sea calificado como defectuoso, éste se demolerá, salvo que se demuestre técnicamente mediante re-muestreos y a satisfacción del SERVIU que no es necesario hacerlo.

**11.4 RESISTENCIA MECÁNICA (EVALUACION, PARA ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS)**

La resistencia mecánica de las veredas de hormigón, será evaluada mediante compresión, de acuerdo a lo siguiente:

$$R_{kc} = R_m(1 - tv)$$

**Ecuación 11.4.1**

*Resistencia Característica Obtenida en Obra*

$$Multa = \left(1 - \frac{R_{kc \text{ de Obra}}}{R_{kc \text{ del Proyecto}}}\right) \times 4 \times A \times Pu$$

**Ecuación 11.4.2**

*Multa Según Resistencia Mecánica*

- R<sub>kc</sub>** = Resistencia característica a la compresión kg/cm<sup>2</sup>.
- R<sub>m</sub>** = Resistencia media en kg/cm<sup>2</sup>, de los resultados obtenidos a través del ensayo de testigos y transformados a cilíndricos de 0,15 m. de diámetro y altura 0,30 m. (En obra) / 0.85 para transformar resultados a Resistencia moldeada.
- v** = Coeficiente de variación  $v = s/R_m$
- s** = Desviación estándar de los resultados.
- t** = Coeficiente de Student para una fracción defectuosa de un 20% en función del N° de mediciones o ensayos.
- A** = Área total del pavimento defectuoso (m<sup>2</sup>)
- Pu** = Precio por m<sup>2</sup> de la vereda de H.C., de acuerdo al presupuesto compensado elaborado por el Serviu.

**11.4.1 ESPEORES (EVALUACION, PARA ENTRADA DE VEHÍCULOS, TRATAMIENTO DE BORDES, VEREDAS REFORZADAS Y VEREDAS NORMALES)**

Las multas por espesor de las veredas de hormigón, será evaluada de acuerdo a lo siguiente

$$I_{ke} = E_m(1 - tv)$$

**Ecuación 11.4.3**

*Índice Característico del Espesor*

$$Multa = \left(1 - \frac{I_{ke}}{E_p}\right) \times 2 \times A \times P_u$$

**Ecuación 11.4.4**

*Multa Según Espesor*

- I<sub>ke</sub>** = Índice característico del espesor de la capa en análisis del pavimento, calculado de acuerdo a la siguiente expresión.
- I<sub>ke</sub>** =  $(1 - tv) E_m$
- v** =  $s/E_m$ , coeficiente de variación
- E<sub>m</sub>** = Espesor medio del pavimento
- E<sub>p</sub>** = Espesor de proyecto de la capa de pavimento en análisis.
- A** = Área total del pavimento defectuoso (m<sup>2</sup>)
- Pu** = Precio por m<sup>2</sup> de la vereda de H.C., de acuerdo al presupuesto Compensado elaborado por el Serviu.

Cuando  $I_{ke}/E_p$  sea menor a 0,85, el sector de pavimento será rechazado, y por tanto, se deberá rehacer según el proyecto. En cuanto a las veredas normales, espesor 7 cm, se deberá chequear únicamente el espesor, en cambio para la Resistencia se exigirá el ensaye confeccionado por el laboratorio respectivo de la planta de Hormigón (tres muestras cada 750 m<sup>2</sup>)

## 11.5 SOLERAS TIPO "A"

### 11.5.1 DIMENSIONES

Longitud: 0,90 m – 1,0 m.

Sección transversal; la de un rectángulo de 16 cms. de base y 30 cm de altura, recortando en una de sus esquinas superiores un triángulo de 4 cm de base y 15 cm de altura.

### 11.5.2 DOSIFICACIÓN

La dosificación mínima será de 300 Kg de cemento por m<sup>3</sup>, de hormigón elaborado y vibrado.

### 11.5.3 CONTROLES

La fabricación de las soleras será controlada de acuerdo al ensayo de muestra obtenida del proveedor o del contratista. Se exigirá como mínimo tres certificados de ensayo del proveedor, correspondientes a un período no superior a los seis últimos meses y, además, el laboratorio efectuará otros ensayos sobre muestras tomadas de la partida comprada para la obra. El número mínimo de muestras será igual a 5.

Se tomarán una muestra por cada 600 unidades de soleras hechas en fábrica como máximo y, cada muestra estará compuesta por cuatro soleras, de las cuales 2 unidades se ensayarán a la flexión y 2 unidades se ensayarán al impacto. Para las soleras tipo "A", los ensayos se efectuarán en la siguiente forma:

#### 11.5.3.1 Ensayo de flexión

Se aplicará una carga central de 1.000 Kg. sobre la solera colocada de modo que su cara posterior descansa sobre los apoyos paralelos ubicados en una distancia libre de 50 cm. entre sí. Esta carga se irá aumentando sucesivamente hasta alcanzar la ruptura.

#### 11.5.3.2 Ensayo de impacto

Colocando la solera en la misma posición que en el ensayo de flexión, se dejará caer en su centro un peso de 3.200 gramos. Se empleará una altura de caída de 5 cm, la que se irá aumentando sucesivamente de 5 en 5 cm hasta los 40 cm. Desde esta altura, el aumento sucesivo será de un centímetro cada vez, hasta alcanzar la ruptura.

Los valores mínimos aceptables que se obtengan de estos ensayos serán los siguientes:

- Resistencia a la flexión:

Valor promedio : 2.000 Kg.

Mínimo individual : 1.800 Kg.

- Resistencia al impacto:

Valor promedio : 80 cm.

Mínimo individual : 70 cm.

### 11.5.4 COLOCACIÓN

Para la colocación (emplantillado) se empleará como mínimo hormigón de 170 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

#### 11.5.4.1 Dimensiones Del Emplantillado

Espesor de 0,10 m. en que la envolverá con el mismo espesor hasta la altura de 0,15 m desde su base.

- La separación entre soleras será de 10 mm como máximo.
- El emboquillado se hará con mortero de 425 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de mortero elaborado.

En las intersecciones de calles se utilizará soleras curvas para generar los radios solicitados, quedando prohibido quebrar soleras para generar dichos radios, no obstante para aquellos casos en que el mercado no disponga de soleras requeridas para generar los radios de las intersecciones o ante situaciones técnicas debidamente justificadas podrán establecerse alternativas constructivas previa autorización expresa de la I.T.O.

### 11.5.5 ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Luego de obtenerse los valores individuales y promedios de las resistencias, se procederá en la siguiente forma:

- Se comprobará si estos valores están de acuerdo con los mínimos individuales señalados anteriormente; en tal caso se aceptará la partida.
- Si en uno o más de los ensayos se hubiese obtenido valores insuficientes, ya sea individuales o promedios, se repetirá dicho(s) ensayo(s), tomando el doble número de muestras.
- Se comprobará nuevamente los valores obtenidos en los ensayos.
- Si estos valores cumplen con lo indicado en a), se aceptará la partida; en caso contrario se rechazará.

### 11.6 SOLERAS TIPO "C"

#### 11.6.1 DIMENSIONES

Longitud: 0,5 m -1,0 m.

Sección Transversal; rectángulo de 10 cm de base por 25 cm de altura, recortando en su esquina superior un triángulo de 2 cm de base por 12 cm de altura.

#### 11.6.2 DOSIFICACIÓN

La dosificación mínima será de 300 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado y vibrado.

#### 11.6.3 CONTROLES

La fabricación de las soleras será controlada de acuerdo al ensayo de muestras obtenidas del proveedor o del contratista. Se exigirá como mínimo tres certificados de ensayo del proveedor, correspondientes a un período no superior a los seis últimos meses y, además, el laboratorio efectuará otros ensayos sobre muestras tomadas de la partida comprada para la obra. El número mínimo de muestras será igual a 5.

Se tomarán una muestra por cada 600 unidades de soleras hechas en fábrica como máximo y, cada muestra estará compuesta por cuatro soleras, de las cuales una unidad se ensayará a la flexión y 2 unidades se ensayarán al impacto. Para las soleras tipo "C", los ensayos se efectuarán en la siguiente forma:

- Ensaye Flexión: Se aplicará una carga central de 1000 kg sobre la solera colocada de modo que su cara posterior descansa sobre los apoyos paralelos ubicados a una distancia libre de 30 cm entre sí. Esta carga se irá aumentando sucesivamente hasta alcanzar la ruptura.
- Ensaye de Impacto: Colocando la solera en la misma posición que en el ensayo de flexión, con una distancia, libre entre apoyos de 30 cm. que se dejará caer en su centro un peso de 3.300 gramos. Se empleará una altura de caída de 5 cm y se irá aumentando sucesivamente de 5 en 5 cm hasta alcanzar la ruptura.

Los valores mínimos aceptables que se obtengan de estos ensayos serán los siguientes.

##### 11.6.3.1 Resistencia a la flexión

Valor promedio: 1.100 Kg.

Mínimo individual: 1.000 Kg.

##### 11.6.3.2 Resistencia al impacto

Valor promedio: 45 cm.

Mínimo individual: 40 cm.

### 11.6.4 COLOCACIÓN

Para la colocación (emplantillado) se empleará como mínimo hormigón de 170 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

#### 11.6.4.1 Dimensiones Del Emplantillado

Espesor de 0,10 m. en que la envolverá con el mismo espesor hasta la altura de 0,15 m desde su base.

- La separación entre soleras será de 10 mm como máximo.
- El emboquillado se hará con mortero de 425 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de mortero elaborado.
- En las intersecciones se utilizará soleras curvas quedando prohibido quebrar soleras para generar los radios de las intersecciones.

### 11.6.5 ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Luego de obtenerse los valores individuales y promedios de las resistencias, se procederá en la siguiente forma:

- Se comprobará si estos valores están de acuerdo con los mínimos individuales señalados anteriormente; en tal caso se aceptará la partida.
- Si en uno o más de los ensayos se hubiese obtenido valores insuficientes, ya sea individuales o promedios, se repetirá dicho(s) ensayo(s), tomando el doble número de muestras.
- Se comprobará nuevamente los valores obtenidos en los ensayos.
- Si estos valores cumplen con lo indicado en a), se aceptará la partida; en caso contrario se rechazará.

### 11.7 SOLERILLAS DE H.C.V. DE ALTA RESISTENCIA

La fabricación de las solerillas debe ajustarse a estas Especificaciones Técnicas sobre soleras de hormigón vibrado.

#### 11.7.1 DIMENSIONES

Deben tener un largo de 50 cm, una altura de 20 cm y un ancho de 6 cm. En la parte superior tendrán su canto redondeado.

#### 11.7.2 DOSIFICACIÓN

La dosificación mínima será de 360 Kg cem/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado y vibrado, cuyo tamaño máximo del árido será  $\frac{3}{4}$  pulgada.

### 11.7.3 CONTROLES

Se hará un control a la compresión simple, cuya muestra estará compuesta de 4 solerillas por cada 600 ml de solera fabricada y para cantidades menores el número de solerillas será igual a 2 unidades de la partida a colocar. El ensayo a compresión simple se realizará en briquetas de diámetro 2 pulgadas, refrendadas en sus dos caras.

Los resultados de estos ensayos deben cumplir con las siguientes resistencias:

- Resistencia compresión promedio (28 días) : 300 Kg/cm<sup>2</sup>
- Mínimo individual : 270 Kg/cm<sup>2</sup>

### 11.7.4 COLOCACIÓN

La cara superior redondeada de la solerilla deberá quedar 3 cm sobre el borde del pavimento y la base de la solerilla se asentará sobre una mezcla de hormigón de dosificación 255 Kg cem/m<sup>3</sup> y un espesor mínimo de 7 cm y además un respaldo de 10 cm que la envuelva en su parte posterior hasta 3 cm antes del borde superior terminando en un ángulo de 45°. La base sobre la cual se colocará esta solerilla, deberá tener el nivel y la pendiente adecuada, a fin de que queden perfectamente alineadas y se ajusten a las pendientes indicadas en los planos. La junta entre las solerillas tendrán una separación máxima de 1 cm y se emboquillarán con mortero cemento en proporción 1 : 3 en volumen. Para la colocación (emplantillado) se empleará hormigón de 170 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

#### 11.7.4.1 Dimensiones Del Emplantillado

Espesor de 0,10 m. en que la envolverá con el mismo espesor hasta la altura de 0,15 m desde su base.

- La separación entre soleras será de 10 mm como máximo.
- El emboquillado se hará con mortero de 425 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de mortero elaborado.

### 11.7.5 ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Se aplicará el procedimiento indicado en el punto 11.4.5. y 11.5.5.

<b>12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE VÍAS (CONSERVACIÓN)</b> .....	<b>4</b>
12.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO .....	4
12.1.1 RIEGO NEBLINA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	4
12.1.1.1 MATERIALES.....	5
12.1.1.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	5
12.1.1.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES .....	6
12.1.1.4 EJECUCIÓN RIEGO NEBLINA .....	6
12.1.1.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	7
12.1.1.6 RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA.....	7
12.1.2 SCRUB SEAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	7
12.1.3 LECHADA ASFÁLTICA Y MICROPAVIMENTOS, EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	7
12.1.3.1 MATERIALES.....	8
12.1.3.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	12
12.1.3.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES .....	13
12.1.3.4 FABRICACIÓN DE LA LECHADA ASFÁLTICA .....	14
12.1.3.5 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE .....	14
12.1.3.6 EXTENSIÓN DE LA LECHADA ASFÁLTICA .....	14
12.1.3.7 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	15
12.1.3.8 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	16
12.1.4 SELLO DE AGREGADO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	16
12.1.4.1 MATERIALES.....	17
12.1.4.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	18
12.1.4.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES .....	19
12.1.4.4 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE .....	20
12.1.4.5 EXTENSIÓN DEL SELLO DE AGREGADOS.....	20
12.1.4.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN).....	23
12.1.4.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	23
12.1.5 SELLADO DE GRIETAS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	24
12.1.5.1 GRIETAS CON ANCHO COMPRENDIDO ENTRE 3Y 20 MM.....	24
12.1.5.2 GRIETAS CON ANCHO COMPRENDIDO ENTRE 20 Y 70 MM.....	25

12.1.5.3	GRIETAS CON ANCHO SUPERIOR A 70 MM .....	26
12.1.6	SELLADO DE GRIETAS Y JUNTAS DAÑADAS PAVIMENTO DE HORMIGÓN .....	27
12.1.6.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	27
12.1.6.2	MATERIALES.....	27
12.1.6.3	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....	28
12.1.7	CEPILLADO DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN.....	30
12.1.7.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	30
12.1.7.2	EQUIPO .....	31
12.1.7.3	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	31
12.1.7.4	ACABADO FINAL DE LA SUPERFICIE .....	32
12.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN.....	32
12.2.1	BACHEO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	32
12.2.1.1	MATERIALES.....	33
12.2.1.2	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....	33
12.2.2	BACHEO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	34
12.2.2.1	MATERIALES.....	34
12.2.2.2	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....	35
12.2.3	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO .....	36
12.2.3.1	ALCANCES .....	36
12.2.3.2	PROCEDIMIENTO .....	36
12.2.4	RECAPADOASFÁLTICO .....	37
12.2.4.1	DESCRIPCIÓN.....	37
12.2.4.2	CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS .....	38
12.2.5	SELLO DE JUNTAS Y GRIETAS EN PAVIMENTO BASE EXISTENTE .....	39
12.2.5.1	RIEGO DE LIGA.....	39
12.2.5.2	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE .....	40
12.2.6	CUÑAS ASFÁLTICAS.....	40
12.2.6.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	40
12.2.6.2	MATERIALES.....	40
12.2.6.3	EJECUCIÓN DE LAS CUÑAS ASFÁLTICAS.....	40
12.2.6.4	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	41
12.2.7	REPARACIÓN DE ESPESOR COMPLETO LOSA DE HORMIGÓN.....	41

12.2.7.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	41
12.2.7.2	MATERIALES.....	41
12.2.7.3	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....	41
12.2.8	REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL LOSA DE HORMIGÓN .....	45
12.2.8.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	45
12.2.8.2	MATERIALES.....	45
12.2.8.3	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....	45
12.2.9	CURADO Y SELLADO DE JUNTAS.....	46
12.2.10	REPARACIÓN DE ÁREAS SALTADAS.....	48
12.2.10.1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES .....	48
12.2.10.2	MATERIALES.....	48
12.2.10.3	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO .....	48
12.2.11	COLOCACIÓN DE BARRAS (RESTAURACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CARGAS EN JUNTAS Y GRIETAS DEL PAVIMENTO) .....	49
12.2.11.1	DESCRIPCIÓN .....	49
12.2.11.2	MATERIALES.....	50
12.2.11.3	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO .....	51
12.2.11.4	APERTURA AL TRÁNSITO.....	52
12.2.12	ASERRADO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS EXISTENTES DE HORMIGÓN .....	52
12.2.12.1	DESCRIPCIÓN .....	52
12.2.12.2	MATERIALES.....	52
12.2.12.3	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO .....	52

## **12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE VÍAS (CONSERVACIÓN)**

Los pavimentos son diseñados para desempeñarse en forma óptima durante una cierta cantidad de años, lo cual se denomina "vida útil" del pavimento. Si bien este período de tiempo es un parámetro de diseño teórico, en la práctica, los pavimentos se van desgastando de tal forma que muchas veces no son capaces de alcanzar la vida útil para la cual fueron diseñados, deteriorándose mucho antes de lo esperado.

Existen muchos factores que contribuyen al deterioro progresivo de los pavimentos, pero sin duda los que tienen una mayor influencia son: los factores climáticos (variación de temperatura, precipitaciones, etc.) y las cargas del tránsito. Como estos factores no son controlables, se hace necesario aplicar sobre los pavimentos acciones que permitan disminuir o retardar la creciente tasa de deterioro generada por la constante influencia de estos factores.

Es importante que se consideren los tiempos precisos para aplicar las distintas estrategias propuestas, ya que de ello depende que se logren mejoras reales en las propiedades funcionales y/o estructurales que se quieran mantener y además que la inversión económica sea rentable.

### **12.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO**

Las estrategias de mantenimiento de calzada son aquellas que tienen como finalidad recuperar el deterioro ocasional sufrido por un pavimento. A través de estos trabajos se mejoran los defectos puntuales y superficiales, evitando de este modo el aumento de la severidad de estos defectos, manteniendo las propiedades funcionales y estructurales dentro de rangos aceptables para los usuarios de la vía.

#### **12.1.1 RIEGO NEBLINA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Es una suave aplicación de una emulsión asfáltica de quiebre lento, diluida con agua sobre una superficie de pavimento existente. Ésta se diluye en variadas proporciones, hasta una parte de emulsión por cinco partes de agua, pero en la mayoría de los casos se usa una dilución uno es a uno.

Se emplea para renovar superficies viejas de pavimentos que han perdido asfalto y se han convertido en quebradizas con la edad, para sellar pequeñas grietas y superficies porosas. Un riego neblina es una valiosa ayuda de mantenimiento cuando se usa con este propósito. Aun así no es sustituto de un sello de agregados o de una lechada asfáltica.

La cantidad justa de emulsión de baja viscosidad (diluida), fluye fácilmente dentro de la grieta y superficie porosa. Esto también recubre partículas de agregado en la superficie.

Esta acción correctiva prolonga la vida del pavimento y puede demorar la necesidad de una mayor conservación o rehabilitación.

Este procedimiento se aplica en pavimentos asfálticos que presenten los primeros indicios de envejecimiento, tales como:

- Fisuras superficiales
- Perdida de cemento asfáltico en la superficie que implique leve erosión superficial.

### **12.1.1.1 MATERIALES**

#### **Emulsión**

Se utilizan emulsiones asfálticas del tipo: CSS-1h, SS-1h, CSS-1 o SS-1, según el clima y la compatibilidad con el agregado. Dependiendo del clima característico de la zona donde se aplica el Riego Neblina es la selección de la emulsión, según la Tabla 12-1

**Tabla 12-1**

Tipo emulsión a utilizar por clima

<b>Clima</b>	<b>Tipo De Emulsión</b>
Caluroso	Emulsión de residuo duro tipo CSS-1h o SS-1h.
Frío	Emulsión de residuo normal tipo CSS-1 o SS-1.

#### **Agua**

El agua a utilizar debe ser potable y compatible con la mezcla de la emulsión, y estar libre de materias orgánicas, sales nocivas y otros contaminantes. Debe dar cumplimiento a lo dispuesto en la NCh 1333.

### **12.1.1.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

#### **Equipo de extensión**

Los distribuidores de emulsión consisten en depósitos montados sobre camiones o unidades similares, aisladas y provistas de un sistema de calentamiento que, de ser necesario, calienta el asfalto, haciendo pasar los gases a través de tuberías situadas en su interior. Disponen de un grupo de motobombas adecuadas para manejar productos con viscosidades entre 20 y 120Centistokes (10 a 60 sSF).

Antes de comenzar los trabajos de imprimación, se aconseja revisar los equipos para asegurar un riego uniforme, con el propósito de que se cumpla lo siguiente:

- El equipo distribuidor mantenga continua y uniformemente la presión requerida a lo largo de toda la longitud de la barra regadora.
- La barra y las boquillas hayan sido calentadas a la temperatura requerida.
- La disposición de las boquillas sea la adecuada, el ancho del abanico sea igual en todas ellas y forme con la barra, un ángulo apropiado, normalmente de 17 a 33 grad., en tanto que las boquillas extremas formen un ángulo entre 67 y 100 grad.
- El ángulo de incidencia del riego con la superficie de la vía sea de 90 grados
- La altura de las boquillas asegure un adecuado traslape de los abanicos de distribución.
- El distribuidor se desplace a una velocidad tal, que mantenga una distribución constante.
- La temperatura de la emulsión sea controlada con termómetros que permitan establecer en forma rápida la temperatura del contenido del estanque.
- El corte del vertido sea instantáneo y sin chorreo, ni goteo. El equipo asegure en todos sus componentes su estanquidad.

La emulsión se aplica diluida en agua (potable y libre de materias extrañas), en proporción 1:1 (una parte de emulsión más una parte de agua) y aplicado a razón de 0.3 a 0,8 Kg/m<sup>2</sup> de superficie, dependiendo de la mayor o menor absorción (porosidad) que esta posea.

A fin de definir la dosis de manera precisa se recomienda efectuar pruebas con distintas tasas de aplicación. Una vez encontrada la dosis, se procede a verificar la correcta aplicación de la misma por medio del camión regador. Para esto se puede utilizar el método de la bandeja, el cual consiste en la colocación de una bandeja de área conocida bajo la barra regadora. Una vez que el equipo pasa sobre la bandeja, esta se retira y se pesa la cantidad de emulsión aplicada.

### **12.1.1.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES**

#### **Recepción de la emulsión**

Cada partida que llegue a la obra se inspecciona visualmente, como un primer control. La emulsión debe verse uniforme, sin nata, grumos u otra anomalía.

Al inicio de la obra la emulsión se muestrea para realizar los ensayos de recepción. No obstante, cada partida se recibe contra presentación de un certificado que responda a los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto.

Las emulsiones se almacenan en estanques cerrados metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio (en ningún caso del tipo diques) los que, en todo momento, se mantienen limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. El manejo de los asfaltos se efectúa de manera de evitar cualquier contaminación con materiales extraños.

Cuando se requiera, los estanques deben tener equipos para calentar la emulsión, los que están conformados por serpentines y caldera de aceite, calentamiento por gases de combustión u otros diseñados, de modo que no exista contacto entre la emulsión y el vehículo usado para calentarlo. Bajo ninguna circunstancia las llamas del calentador pueden entrar en contacto directo con el estanque o con la emulsión. Es aconsejable que los estanques para las emulsiones tengan agitación.

### **12.1.1.4 EJECUCIÓN RIEGO NEBLINA**

La proporción de los componentes del riego debe corresponder a la dosis aprobada por el Fiscalizador.

#### **Preparación de la superficie**

Previo a la aplicación del riego Neblina, se debe tener una superficie limpia, con ausencia de polvo y materias extrañas. Para lograr esto, se barre la superficie con una barredora automática o con aire a presión. En los lugares inaccesibles a estos equipos se pueden emplear escobas de mano. Se cuida especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

En caso de existir materias adheridas a la superficie, se sugiere lavar y dejar secar antes de la colocación del riego.

#### **Extensión del riego**

La aplicación se debe hacer con un camión regador y la temperatura de la emulsión estar comprendida entre 20 °C y 50 °C, dependiendo del tipo de emulsión, de la recomendación de proveedor y la temperatura ambiente.

La emulsión se debe distribuir uniformemente sobre toda la superficie a tratar, aplicando la dosis establecida en terreno con una tolerancia de  $\pm 5\%$ . Si, por las características de la superficie, resultan áreas

localizadas en las cuales, la cantidad aplicada es insuficiente, ellas pueden reforzarse mediante un regado manual. La dosis de aplicación se verifica cada 500 m por pasada, como mínimo, frecuencia que se puede aumentar o disminuir, de acuerdo a la tecnología del equipo que se utilice y la longitud del tramo. Como mínimo esta verificación se hará una vez al día.

Cuando se mantenga el tránsito, se recomienda efectuar el riego primeramente en una mitad de la calzada. El riego de la segunda mitad, solo comienza cuando el de la primera, haya quebrado completamente y se encuentre el pavimento en condiciones de ser entregado al tránsito.

Se evitara todo tipo de circulación sobre el sello neblina mientras la emulsión no haya quebrado.

#### **12.1.1.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN**

La aplicación del riego neblina se llevará a cabo sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a 10 °C. Dicho límite se puede rebajar a 5 °C si la temperatura ambiente tiende a aumentar. No se debe realizar trabajos si hay tiempo neblinoso, probabilidades de lluvia o viento fuerte.

En general, cuando se utilicen emulsiones asfálticas en zonas frías, se debe poner especial atención en que las condiciones climáticas sean las adecuadas para permitir el tiempo de quiebre de las emulsiones, antes que se produzca el congelamiento.

#### **12.1.1.6 RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA**

El Fiscalizador verificará visualmente la homogeneidad superficial del riego.

#### **12.1.2 SCRUB SEAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Consiste en la aplicación de un riego neblina como el descrito anteriormente, pero con la incorporación de cepillos en la parte trasera del camión regador, que ayudan a la emulsión a penetrar en el fondo de las fisuras. Es un tratamiento superficial efectivo para pavimentos fisurados y oxidados. El propósito de esta técnica es sellar pequeñas grietas, fisuras, poros, etc., previamente a la aplicación de un sello superficial.

Se recomienda que la especificación técnica de construcción del ScrubSeal, cumpla con lo dispuesto en el punto 11.1.1. Riego Neblina. Incorporando al equipo de extensión (camión regador), cepillos en la parte posterior.

#### **12.1.3 LECHADA ASFÁLTICA Y MICROPAVIMENTOS, EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

La lechada es una mezcla de agregado fino bien graduado, filler mineral (si es necesario), asfalto emulsificador y agua, aplicado a un pavimento como un tratamiento superficial. Se usa en conservación y reparación de superficies de pavimentos asfálticos. Esta técnica no aumenta la resistencia estructural de una sección de pavimento. Se recomienda que cualquier pavimento que está funcional y estructuralmente débil en áreas localizadas, se repare antes de aplicar la lechada asfáltica.

Cuando la lechada asfáltica se aplica correctamente sobre la superficie de un pavimento, puede ser muy efectiva. La oportuna aplicación puede ayudar a reducir deterioros superficiales causados por la oxidación del asfalto y la rigidización del pavimento. Esta sella las superficies agrietadas, detiene el envejecimiento de la mezcla, impermeabiliza las superficies porosas del aire y agua, además mejora la resistencia al deslizamiento y apariencia del pavimento.

El micropavimento posee características similares a la lechada asfáltica, pero para su fabricación se utiliza una emulsión modificada y los agregados poseen mejores propiedades mecánicas que los de las lechadas.

En actividades de conservación, se aplican principalmente para sellar la superficie del pavimento, rellenando las grietas superficiales de baja severidad y defectos menores. Se utilizan también para detener el desgaste superficial y para mejorar la adherencia entre el pavimento y el neumático.

**12.1.3.1 MATERIALES**

**Emulsión**

Para las lechadas asfálticas se pueden utilizar emulsiones del tipo: CSS-1h, CSS-1, SS-1h o SS-1, según la compatibilidad con la carga del agregado y el clima.

En algunos casos no es posible cumplir los objetivos de la aplicación de la lechada utilizando emulsiones convencionales. En estos casos, es necesario usar una emulsión modificada con elastómeros. Las principales condiciones que hacen recomendable la utilización de emulsiones modificadas son:

- Zonas con temperaturas extremas (muy altas o muy bajas).
- Zonas de fuertes diferenciales térmicos (día- noche, invierno-verano).
- Vías Colectoras, Troncales, Expresas.
- Fuertes pendientes (8 % a 10%).
- Zonas de frenado.
- Curvas cerradas.

Los requisitos de las emulsiones modificadas se encuentran en la Tabla 12-2

**Tabla 12-2**

Emulsiones asfálticas modificadas con elastómeros.

Características	Normas	ECR-1-m		ECR-2-m		ECM-m		EAM-m		ECL-1-m	
		Mín.	Máx.								
Emulsión original:											
Viscosidad SayboltFurol a 50°C, seg.	Nch 2334. Of 1998	-	50	50	200	20	-	50	-	-	50
Ensayo de carga de partícula	Nch 2348 Of 1998	Positiva		Positiva		Positiva		Negativa		Positiva	
Betún asfáltico residual, %. (1)	Nch 2348 Of 1998	57	-	63	-	59	-	57	-	57	-
Sedimentación (a los 7 días), %.	Nch 2348 Of 1998	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10
Ensayo de tamizado, %.	Nch 2348 Of 1998	0,10		0,10		0,10		0,10		0,10	

Características	Normas	ECR-1-m		ECR-2-m		ECM-m		EAM-m		ECL-1-m	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Ensayo de mezcla con cemento, %.	Nch 2348 Of 1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Penetración a 25°C, 100 g., 5 seg., 0,1 mm.	Nch 2340 Of 1999	50	90	50	90	-	-	-	-	50	90
Punto de ablandamiento anillo y bola, °C.	Nch 2337 Of 1998	50	-	50	-	40	-	40	-	50	-
Ductilidad, 5°C, 5cm/min, cm.	Nch 2342 Of 1999	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-
Recuperación Elástica (25°C Trosión).	Nlt-329	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-

Destilación por evaporación. El residuo se obtiene en horno a T = 110°± 3°C, hasta masa constante, llegando a una temperatura máxima de 120°C durante los últimos 15 minutos. Para la evaporación se usa una bandeja plana, con la altura de la emulsión de 1 cm.

Todo lo referente a lechadas asfálticas, se cumple también para Micropavimentos.

**Áridos**

Los áridos deben estar limpios (exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otra), angulares, durables y de graduación continua.

La granulometría para los distintos tipos de lechadas van de más finas a más gruesas y corresponden a los tipos A-1, B-1,y C-1,respectivamente.Para procedimientos de conservación en lechadas se pueden utilizar las bandas A-1 y B-1, por ser las más finas y por lo tanto, la más adecuada para sellar pequeñas grietas y defectos superficiales.

La banda A-1 se utiliza para sellado de grietas y sello fino en vías con trafico liviano. La banda B-1 se utiliza en sello general y para aumentar la textura. Para Micropavimentos se utiliza únicamente la banda C-1.

**Tabla 12-3**

Granulometrías de áridos para lechadas asfálticas y micropavimentos

Tamices		Bandas Granulométricas		
		Porcentaje en peso que pasa, %		
(mm)	(astm)	Tipo A-1	Tipo B-1	Tipo C-1
12,5	(1/2")			
10	(3/8")		100	100
5	(N°4)	100	85 - 95	70 - 90

Tamices		Bandas Granulométricas		
		Porcentaje en peso que pasa, %		
(mm)	(astm)	Tipo A-1	Tipo B-1	Tipo C-1
2,5	(N°8)	85 - 95	62 - 80	45 - 70
1,25	(N° 16)	60 - 80	45 - 65	28 - 50
0,63	(N° 30)	40 -60	30 - 50	18 - 34
0,315	(N° 50)	25 - 42	18 - 35	12 -25
0,16	(N° 100)	15 - 30	10 -24	7 -17
0,08	(N° 200)	10 -20	5 - 15	5-11

**Árido Grueso**

Se define como árido grueso a la parte del conjunto de fracciones granulométricas retenida en el tamiz 2,5mm según NCh 1022. El árido grueso se obtiene triturando piedra de cantera o grava natural.

Para lechadas asfálticas y micropavimentos el árido debe cumplir con los requisitos dispuestos en laTabla 12-4Requisitos de los áridos para lechada yTabla 12-5Requisitos de los áridos para micropavimentos respectivamente.

**Tabla 12-4**

Requisitos de los áridos para lechada

Ensayo	Exigencia	Norma
Equivalente de arena	Min. 60%	Nch1325.
Partículas Chancadas	Vías Expresas, Troncales, Colectoras: Min.100%	MC 8.202.6
	Vías De Servicio, locales y Pasajes: Min. 75%	
Índice de lajas	Vías Expresas, Troncales, Colectoras: Max. 25%	MC 8.202.7
	Vías De Servicio, locales y Pasajes: Max. 30%	
Desgaste los Ángeles	Vías Expresas, Troncales, Colectoras:Max.20%	Nch1369.
	Vías De Servicio, locales y Pasajes: Max.25%	
Índice De Trituración Total	Max. 3,5%	MC 8.202.8
Hervido de Texas	-	ASTM D3625

**Tabla 12-5**

Requisitos de los áridos para micropavimentos

<b>Ensayo</b>	<b>Exigencia</b>	<b>Método</b>
Partículas Chancadas	100%	MC 8.202.6
Desintegración por sulfato de Sodio	Max 12%	Nch 1328
Desgaste los Ángeles	Max 25%	Nch 1369
Equivalente arena	Min 60%	Nch 1325
Índice Plasticidad	NP	Nch 1517/2

**Árido fino**

Se define como árido fino a la parte del conjunto de fracciones granulométricas que pasa por tamiz 2,5 mm y que es retenida por el tamiz 0,08 mm, según NCh 1022. Se recomienda que el árido fino proceda de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad o en parte de yacimientos naturales.

Únicamente para vías de servicios, locales y pasajes, puede emplearse arena natural, no triturada, la cual se recomienda no ser superior al 20% de la masa total del árido combinado, sin que supere, en ningún caso, el porcentaje de árido fino triturado, empleado en la mezcla.

Se recomienda que el árido fino sea de la misma naturaleza que el árido grueso y cumpla las condiciones exigidas en la Tabla 12-4 Requisitos de los áridos para lechadas y Tabla 12-5 Requisitos de los áridos para micropavimentos sobre el Ensayo Desgaste Los Ángeles.

**Polvo mineral**

Se define como polvo mineral a la parte del conjunto de fracciones granulométricas (árido y productos minerales de aportación) que pasa por el tamiz 0,08 mm según NCh 1022.

El polvo mineral incluido en el árido grueso y fino, puede suplirse con un producto comercial o especialmente preparado, cuya misión sea acelerar el proceso de rotura de la emulsión o activar la cohesión de la lechada asfáltica. Las Proporciones y características de esta aportación, las proporciona el laboratorio que diseñe la lechada, ya que es quien primero advierte el comportamiento árido-emulsión.

**Agua**

El agua debe ser potable y compatible con la mezcla de la lechada, libre de materias orgánicas, sales nocivas y otros contaminantes y que cumpla lo dispuesto en NCh 1333.

### **12.1.3.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

#### **Equipo de fabricación y extensión**

La lechada se fabrica en mezcladoras móviles autopropulsadas que simultáneamente realizan la extensión. El equipo dispone de los elementos para realizar o facilitar la carga de todos los materiales (áridos, emulsión, adiciones, agua etc.), así como de la capacidad de carga necesaria para realizar aplicaciones en continuo de más de 500 m. Se recomienda que el mezclador sea de tipo continuo, y los tanques y tolvas de los distintos materiales tengan su salida sincronizada con él, con las dosis necesarias para lograr la composición correspondiente a la fórmula de trabajo. La lechada pasa del mezclador a la caja repartidora a través de una compuerta regulable, provista del número de salidas necesarias para distribuirla uniformemente. La extensión de la lechada asfáltica se realiza por medio de la caja repartidora, remolcada sobre la superficie a tratar, generalmente por el equipo que lleva la mezcladora.

Se recomienda que dicha caja sea metálica, de ancho regulable, y este dotada de dispositivos de cierre laterales (para evitar pérdida de lechada) y de una enrasadora de goma flexible. Es aconsejable que ambos dispositivos sean ajustables, de modo que puedan ser adaptados a las secciones con peraltes o bombeos, asegurando una aplicación uniforme y que la goma de la enrasadora sea renovada cuantas veces resulte precisa, de modo que la caja lleve en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada ante la enrasadora.

#### **Estudio de la lechada asfáltica y obtención de la fórmula de trabajo**

La fórmula de trabajo será propuesta al Fiscalizador, para su aprobación, al menos con 15 días de anticipación al comienzo de las obras y será efectuada, acorde a procedimiento MC 8.302.52, por un Laboratorio Oficial con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Dicha fórmula debe señalar:

- La granulometría de los áridos combinados. Empleando los tamices establecidos en la definición de granulometría en la Tabla 12-3 Granulometrías de áridos para lechadas asfálticas y micropavimentos, con los porcentajes de las distintas fracciones a emplear en la mezcla.
- El tipo de emulsión.
- La dosificación de emulsión, referida a la masa total de los áridos.
- La dosificación del polvo mineral, referida a la masa total de los áridos.
- Cuando se utilicen otro tipo de adiciones, su dosificación.

**Tabla 12-6**

Tabla exigencias para lechadas

Ensayo	método	Según tipo vías			
		Expresas y Troncales	Colectoras	Servicios y locales	Pasajes y Sellos (*)
Consistencia [cm]	MC 8.302.45	0 a 2			
Abrasión En Medio Húmedo [g/m2]	MC 8.302.46	450	550	650	750
Par de Torsión mínimo a 60 minutos [kg*cm]	MC 8.302.47	Min. 20	Min. 20	-	-

(\*)Cuando la lechada asfáltica tenga la finalidad exclusiva de sellar un pavimento.

Puede mejorarse la adhesividad entre el árido y la emulsión mediante activantes o cualquier otro producto evaluado por la experiencia. En tales casos, el laboratorio que hace el diseño define las condiciones que tienen que cumplir dichas adiciones y las lechadas asfálticas resultantes.

**12.1.3.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES**

**Recepción de ligante**

Al inicio de la obra se muestrea el liante para realizar los ensayos de recepción. No obstante, cada partida se recibe contra presentación de un certificado que responda a los requerimientos establecidos en las Especificaciones Técnicas Especiales

Se debe almacenar los asfaltos en estanques cerrados, metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio (en ningún caso del tipo diques) los que, en todo momento, se aconseja mantener limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. El manejo de los asfaltos se efectúa de manera de evitar cualquier contaminación con materiales extraños.

Cuando se requiera, los estanques deben tener equipos para calentar el asfalto, los que están conformados por serpentines y caldera de aceite, calentamiento por gases de combustión u otros diseñados, de modo que no exista contacto entre el asfalto y el medio usado para calentarlo.

Bajo ninguna circunstancia las llamas del calentador pueden estar en contacto directo con el estanque o con el asfalto.

**Recepción de áridos.**

Los áridos deben producirse o suministrarse en fracciones granulométricas diferenciadas, las cuales se acopian y manejan por separado. La combinación de las distintas fracciones en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo puede hacerse en el propio acopio, empleando medios mecánicos que aseguren la homogeneidad de la mezcla resultante.

Los áridos combinados se deben acopiar por separado, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones hasta el momento de la carga en el equipo de fabricación.

Cada fracción del árido se deben acopiar separada de las demás, sobre una superficie limpia, plana y nivelada, evitando Inter-contaminaciones.

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se debe utilizar los 15 cm inferiores de los mismos. Las cargas del material se colocan adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación o contaminación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se recomienda acopiar por separado. Esta misma medida puede ser aplicada cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

#### **Recepción de polvo mineral**

Se recomienda que por su sensibilidad a la humedad, el polvo mineral se almacene en contenedores metálicos. En caso de ser suministrados en sacos, se almacenen en una bodega.

#### **12.1.3.4 FABRICACIÓN DE LA LECHADA ASFÁLTICA**

Las proporciones de los componentes de la lechada se deben atener a la fórmula de trabajo aprobada por el Fiscalizador.

La incorporación de los materiales puede hacerse de manera que el recubrimiento de los áridos por el ligante sea completo y homogéneo, mientras la lechada permanezca en la mezcladora. Se debe pasar la lechada fabricada a la caja repartidora de forma continua. El desnivel entre el vertedero del mezclador y la caja esparcidora se regula, de forma que no se produzcan segregaciones.

Toda lechada heterogénea o que muestre un recubrimiento defectuoso de los áridos por la emulsión, pudiese ser rechazada.

#### **12.1.3.5 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**

Previo a la colocación de la lechada, se debe aplicar un riego de liga en pavimentos antiguos. Su objetivo es permitir una correcta adherencia de la lechada a la superficie subyacente. En pavimentos nuevos la aplicación del riego puede ser opcional.

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la lechada, se debe limpiar la superficie: de polvo, suciedad, barro, materias sueltas o perjudiciales. Para ello, se utiliza barredoras mecánicas o aire a presión. En lugares inaccesibles a estos equipos se puede emplear escobas de mano. Se cuida especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar. En caso de existir materias adheridas a la superficie, esta se lava y dejar secar antes de la colocación de la lechada. Si en la superficie del pavimento existe un exceso de ligante, se debe eliminar mediante fresado y reparar los desperfectos que pudieran impedir una correcta adherencia.

El Fiscalizador puede autorizar, si lo estima conveniente, la humectación de la superficie a tratar inmediatamente antes de la aplicación de la lechada asfáltica, con la dotación de agua fijada por él, repartida de manera uniforme.

#### **12.1.3.6 EXTENSIÓN DE LA LECHADA ASFÁLTICA**

Es recomendable que las Especificaciones Técnicas Especiales, o en su defecto el Fiscalizador, establezcan la anchura extendida en cada aplicación. El avance de los equipos de extensión se puede hacer paralelamente al eje de la vía, con la velocidad conveniente para obtener la dotación prevista y una textura

uniforme, de tal forma que los bordes longitudinales de la lechada coincidan con las juntas longitudinales del pavimento existente.

Cuando se extienda la lechada por franjas longitudinales, entre cada dos contiguas puede establecerse un traslape de 10 cm. En el caso de aplicaciones de segunda capa, se recomienda no coincidir los traslapes de la primera y la segunda capa, para evitar una dosis excesiva.

Al finalizar la extensión de cada franja se hace una junta transversal de trabajo, de forma que quede recta y perpendicular al eje de la vía. Cuando la lechada se aplique en áreas de difícil acceso para la caja esparcidora, se puede extender con enrasadoras de mano, provistas de cintas de goma flexible u otros medios.

La lechada asfáltica se coloca por capa de espesor nominal comprendido entre 5 mm y 10 mm, según las Especificaciones Técnicas Especiales. Para espesores mayores se aplicarán capas sucesivas, previo quiebre de la capa precedente. Cuando se especifique el paso de un rodillo neumático para acelerar la salida del agua de la lechada y su mejor maduración, este se efectúa con rodillo neumático autopropulsado. El paso del rodillo comienza sólo cuando el quiebre de la lechada o Microaglomerado permita el paso de los rodillos sin que se adhiera a las ruedas.

### **12.1.3.7 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN**

#### **Climática**

La aplicación de la lechada asfáltica se llevara a cabo sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a 10 °C. Dicho límite se puede rebajar por el Fiscalizador a 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar. No se debe hacer trabajos si hay tiempo neblinoso, probabilidades de lluvia, formación de hielo en el pavimento o viento fuerte.

En general, cuando se utilicen emulsiones asfálticas en zonas frías, se debe poner especial atención en que las condiciones climáticas sean las adecuadas, para permitir el tiempo de quiebre de las emulsiones, antes que se produzca el congelamiento.

#### **Técnicas**

No se debe colocar una mezcla cuya emulsión haya quebrado antes de las operaciones de esparcido, ni cuando haya demoras de más de treinta minutos entre la preparación de la mezcla y su colocación. Se deben tener mezclas homogéneas y uniformes, para lo cual, el Constructor, dispondrá del número de unidades mezcladoras suficientes para asegurar una operación continua e ininterrumpida.

Se debe evitar todo tipo de circulación sobre la lechada asfáltica mientras la emulsión no haya quebrado y la lechada no haya adquirido la resistencia suficiente para soportar el tránsito.

Cuando se prevea más de una capa de lechada, se puede aplicar la última, después de haber sometido la anterior a la acción de la circulación, durante al menos un día y previo barrido del material desprendido. Cuando se requiera mantener el tránsito, se recomienda colocar la lechada asfáltica por media calzada, no pudiéndose iniciar los trabajos en la otra mitad, hasta que no haya sido entregada al tránsito la primera, además el Constructor proveerá los medios necesarios para controlar el tránsito usuario de la ruta, de manera de minimizar las molestias e impedir que este interfiera en la ejecución de las obras.

**12.1.3.8 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

La superficie de la capa debe presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones.

Para vías Expresas, Troncales y Colectoras, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido con el Péndulo Británico según NLT-175, o con equipo Griptester según MC 8.502.18, se recomienda sea superior a 0,6.

Se medirá por pista y, en caso de emplear péndulo, se determinara a distancias máximas de 50 m y se contara al menos con dos mediciones por pista.

Las Especificaciones del Proyecto definirán el criterio de aceptación y rechazo.

**12.1.4 SELLO DE AGREGADO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

El sello de agregados se usa para proteger al pavimento de los efectos destructivos del sol y del agua. Un beneficio secundario del sello de agregados es que aumenta la resistencia al deslizamiento de la superficie del pavimento. Esto ocurre porque la cobertura de agregado aumenta la textura superficial del pavimento.

Una capa simple de sello de agregado se usa como recubrimiento e impermeabilizante de la superficie existente. Consiste en la aplicación de spray de asfalto, cubierto inmediatamente de una capa de agregado de tamaño uniforme.

Un tratamiento multicapas provee un recubrimiento e impermeabilización de mayor durabilidad que un tratamiento simple. Este consiste en dos o más alternativas de aplicación de asfalto y agregado.

**Tabla 12-7**

Defectos aceptables en un pavimento para recibir un sello de agregados

<b>Tipo de defecto</b>	<b>Defecto</b>	<b>Severidad</b>	<b>Extensiónmáxima</b>
Estructural	Grietas por fatiga.	Moderada (< 3mm)	15%
Funcional	Perdida de agregados	Perdida de agregados finos.	30%
Funcional	Exudación (1)	Moderada.	10%
	Grietas transversales y longitudinales	< 6 mm sellados.	10%
< 3 mm			

Nota: Si la exudación es uniforme, se pueden aceptar extensiones mayores.

**12.1.4.1 MATERIALES**

**Emulsión**

Se puede utilizar como liante emulsiones tipo CRS-1 o CRS-2 y RS-1 o RS-2, según la compatibilidad eléctrica con la carga del agregado y el clima.

En algunos casos no es posible cumplir los objetivos de la aplicación del sello de agregados utilizando emulsiones convencionales. En estos casos, se recomienda usar una emulsión modificada con elastómeros. Las principales condiciones que requieren la utilización de emulsiones modificadas son:

- Zonas con temperaturas extremas (muy altas o muy bajas).
- Zonas de fuertes diferenciales térmicos (día- noche, invierno-verano).
- Vías Colectoras, Troncales y Expresas
- Fuertes pendientes (> 8%).
- Zonas de frenado.
- Curvas cerradas.

Los requisitos de las emulsiones modificadas se encuentran dispuestos en la Tabla 12-2 Emulsiones asfálticas modificadas con elastómeros.

**Áridos**

Las granulometrías de los agregados deben cumplir las bandas de la Tabla 12-8 Granulometría de áridos para sellos y pueden ser de cinco tipos, dependiendo principalmente del tipo de tráfico, la dureza de la superficie y la ubicación del agregado en el sello.

**Tabla 12-8**

Granulometría de áridos para sellos

Porcentaje en peso que pasa						
Tamices		Tn 12,5 - 5	Tn 10 - 2,5	Tn 10 - 6,3a	Tn 10 - 6,3b	Tn 5 - 1,25
(mm)	Astm					
20	(3/4")	100	-	-	-	-
12,5	(1/2")	90 - 100	100	100	100	-
10	(3/8")	40 - 70	85 - 100	95 - 100	85 - 100	100
6,3	(1/4")	-	-	0 - 40	0 - 25	-
5	N°4	0 - 15	10 - 30	0 - 5	0 - 10	85 - 100
2,5	N°8	0 - 5	0 - 10	-	0 - 1	10 - 40
1,25	N°16	-	-	0 - 1	-	0 - 10
0,315	N°50	-	-	-	-	0 - 5
0,08	N°200	0 - 0,5	0 - 0,5	0 - 0,5	0 - 0,5	0 - 0,5

Además, el agregado debe cumplir con lo dispuestos en la Tabla 12-9 Requisitos de los áridos para sellos, para garantizar su buen comportamiento.

**Tabla 12-9**

Requisitos de los áridos para sellos

<b>Ensayo</b>	<b>Exigencia</b>	<b>Método</b>
Desgaste los Ángeles	Máximo 25% (1)	Nch 1369.Of1978
Desintegración con Sulfato de Sodio	Máximo 12%	Nch 1328.Of1977
Árido Chancado	Mínimo 70%	MC 8.202.6
Laias	Máximo 10%	MC 8.202.7
Índice de laiias	Máximo 30%	MC 8.202.7

(1) El proyecto puede indicar otro valor, debidamente justificado, que no supere el 30%.

**12.1.4.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

Este será el mismo al indicado en el acápite 12.1.1.2 (Riego de Neblina) del presente.

**Equipo de extensión de agregados (Gravillador)**

El gravillador debe incluir un esparcidor de agregados autopropulsado, soportado por ruedas neumáticas. Se puede utilizar un equipo integrado, con riego sincronizado de emulsión y gravilla simultáneo. En obras de poca envergadura, se puede utilizar un esparcidor de arrastre de diseño apropiado, que disponga de un mecanismo efectivo que deposite uniformemente el árido necesario en el ancho requerido. En todo caso, es preciso que los equipos sean capaces de distribuir los áridos en un ancho mínimo, de una pista.

**Equipo de rodillado**

Debe estar constituido por rodillos autopropulsados de neumáticos múltiples, de peso no inferior a 10 tn, que estén en perfectas condiciones mecánicas y sus ruedas no tengan una diferencia de presión de inflado mayor a 0,03 MPa entre ellas. Optativamente, estos equipos pueden ser respaldados por rodillos lisos, todos ellos en perfectas condiciones mecánicas, en especial, en lo referente a la suavidad de los arranques, paradas e inversiones de marcha.

En lugares inaccesibles para los equipos se emplean pisones mecánicos u otros medios aprobados previamente por el Fiscalizador, los cuales logren resultados análogos a los obtenidos con el equipo de rodillos autopropulsados.

**Estudio del sello de agregados y obtención de la fórmula de trabajo**

Será responsabilidad del Constructor determinar la dosificación a emplear, la cual se establece de acuerdo con el método de la "Dimensión Mínima Promedio", según procedimiento MC 8.302.50, y es presentada por un Laboratorio Oficial con inscripción vigente MINVU.

El sello de agregados no debe iniciarse hasta que el Fiscalizador haya aprobado la correspondiente formula de trabajo, la cual señala:

- La granulometría de cada fracción del árido.
- La dotación máxima, media y mínima de cada riego de ligante y de cada fracción de árido.
- Cuando se utilicen adiciones, su dosificación.
- La temperatura de aplicación del ligante.

Las dotaciones de cada riego de ligante, de cada fracción de árido y en su caso, de las adiciones se fijan basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos y a la vista de:

- El tipo de riego con gravilla previsto en las Especificaciones Técnicas Especiales.
- Los materiales a emplear.
- El estado de la superficie que se vaya a tratar.
- La intensidad de la circulación, especialmente de vehículos pesados.
- El clima.

### **12.1.4.3 RECEPCIÓN DE MATERIALES**

#### **Emulsión**

Es recomendable que cada partida que llegue a la obra sea inspeccionada visualmente, como un primer control y que la emulsión se vea uniforme, sin nata, grumos u otra anomalía. Las emulsiones modificadas pueden presentar algunas diferencias como espuma, grumos de color, etc., en este caso es preferible consultar al proveedor acerca de las características particulares de la emulsión. Al inicio de la obra se debe realizar el muestreo de la emulsión, realizando ensayos para recepción.

Se debe almacenar la emulsión en estanques cerrados, metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio (en ningún caso del tipo diques) los que, en todo momento, se mantengan limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. El manejo de la emulsión se efectúa de manera de evitar cualquier contaminación con materiales extraños.

Cuando se requiera, los estanques pueden tener equipos para calentar la emulsión, los cuales se conforman por serpentines y caldera de aceite, calentamiento por gases de combustión u otros diseñados, de modo que no exista contacto entre la emulsión y el vehículo usado para calentarlo.

Bajo ninguna circunstancia las llamas del calentador pueden entrar en contacto directo con el estanque o con la emulsión.

#### **Áridos**

Se deben verificar que los áridos se suministren fraccionados. Cada fracción, debe ser suficientemente homogénea y se pueda acopiar y manejar sin peligro de segregación, observándose las precauciones que se detallan a continuación:

- Cada fracción del árido se acopia separada de las demás, sobre una superficie limpia, plana y nivelada, debiendo evitar Inter-contaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno

natural, no puede utilizar los 15 cm inferiores de los mismos. Las cargas del material se colocan adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación o contaminación.

- Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se recomienda acopiarlos por separado hasta confirmar su aceptación. Esta misma medida se puede aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.
- El volumen mínimo de acopio de áridos antes de iniciar la confección del sello viene fijado en las Especificaciones Técnicas Especiales y salvo excepción justificada, se aconseja no ser inferior al 50% del total de la obra o al correspondiente a un mes de trabajo.

Se recomienda humedecer los áridos convenientemente, antes de su empleo.

#### **Fabricación del sello de agregados**

Las proporciones de los componentes del sello de agregados se deben atener Al procedimiento de trabajo, Si el Constructor no dispone, en todo momento, del total de equipo necesario para continuar satisfactoriamente con las faenas, el Fiscalizador puede ordenar la paralización de los trabajos hasta que se normalice dicha situación.

Se debe rechazar todo sello heterogéneo o que muestre un recubrimiento defectuoso.

#### **12.1.4.4 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la primera capa de emulsión, se debe limpiarla superficie: de polvo, suciedad, barro, materias sueltas o perjudiciales. Para ello, se pueden utilizar barredoras mecánicas o aire a presión. En los lugares inaccesibles a estos equipos se pueden emplear escobas de mano. Se recomienda un especial limpiado de los bordes de la zona a tratar. En caso de existir materias adheridas a la superficie, esta se lava y se deja secar antes de la colocación del sello.

Si en la superficie de pavimento existe un exceso de emulsión, se puede eliminar mediante microfresado y se pueden reparar los desperfectos que pudieran impedir una correcta adherencia del sello.

#### **12.1.4.5 EXTENSIÓN DEL SELLO DE AGREGADOS**

Cuando se deba mantener el tránsito, el sello de agregados se puede construir por media calzada y se recomienda no iniciar los trabajos en la otra mitad hasta que ésta no haya sido entregada al tránsito. Es aconsejable que el Constructor provea los medios necesarios para controlar el tránsito usuario de la ruta, de manera de minimizar las molestias e impedir que este interfiera en la ejecución de las obras.

En los lugares de comienzo y término de los riegos asfálticos, se puede colocar una protección transversal al eje de la vía, compuesta por una tira de papel o cartón de un ancho no inferior a 0,80 m. También se usa esta protección en las zonas donde se interrumpa el riego, para evitar el exceso de emulsión. Una vez utilizado, éste se retira de inmediato.

Se recomienda que la distancia entre el gravillador y el distribuidor de ligante sea tal, que el agregado sea aplicado en un lapso no superior a un minuto después de aplicado el ligante, para asegurar que quede adecuadamente embebido. En general, se aconseja que la distancia entre ambos equipos no sea nunca mayor de 60 m.

#### **Primer riego de emulsión**

La emulsión se debe distribuir uniformemente sobre la superficie a sellar, aplicando la dosis establecida con una tolerancia de  $\pm 5\%$ .Cualquier área que quede con deficiencia de emulsión se repasa de inmediato mediante equipo manual.

Se aconseja verificar la tasa de aplicación del riego cada 500 m de sello por pasada. Se puede aumentar o disminuir esta frecuencia, de acuerdo a la tecnología del equipo utilizado y la longitud del tramo a controlar. Como mínimo, esta verificación se puede hacer una vez al día. Se recomienda no aplicar más emulsión que el que pueda ser cubierto con agregado, dentro de un lapso breve de tiempo.

### **Primera extensión de árido**

Una vez aplicada la emulsión sobre la superficie a sellar, se debe proceder de inmediato a cubrirlo con los áridos.

Los áridos pueden ser transportados a los lugares de colocación en camiones tolva, convenientemente preparados para este objetivo.

En el caso que se estime necesario se puede ordenar que los áridos sean ligeramente humedecidos, previos a su colocación.

La extensión del árido se puede hacer de manera uniforme y con la dotación prevista en el procedimiento de trabajo.

Tan pronto como se haya cubierto un determinado tramo, se recomienda su revisión para verificar si existen zonas deficientes de áridos, las que se pueden recubrir con material adicional, de manera que se evite el contacto de las ruedas del gravillador con el ligante sin cubrir.

Salvo que el equipo para la aplicación de la emulsión tenga dispositivos para asegurar la uniformidad de su reparto transversal junto a los bordes, donde aquella se realice por franjas, el árido se puede extender de forma que quede sin cubrir una banda de unos 20cm de la franja regada, junto a la que todavía no lo haya sido, para conseguir un ligero solape al aplicar el ligante en esta última.

Las eventuales áreas con exceso de emulsión, se pueden recubrir de inmediato con arena limpia.

Los áridos aplicados en exceso o sobre superficies regadas con un sobreaño casual, pueden ser removidos de inmediato.

### **Primer “rodillado sin vibración”**

Inmediatamente después de la extensión de la primera capa de áridos, en sellos bicapa, se debe proceder a su rodillado en sellos mono capa doble engravillado, se proceda a un rodillado auxiliar siempre que se requiera.

El rodillado se puede ejecutar longitudinalmente, comenzando por el borde inferior, progresando hacia el centro y traslapando cada pasada, un mínimo de 0.30 m. con la anterior, hasta cubrir el ancho total de la superficie.

En los trabajos de rodillado se puede continuar utilizando un equipo complementario hasta lograr un perfecto acomodo de las partículas. Esta faena consiste en un mínimo de tres pasadas completas de rodillo sobre la misma superficie.

El procedimiento aquí establecido, se puede modificar con previa autorización del ITO o Profesional Responsable, según los requerimientos de la obra.

**Segundo riego de emulsión**

En el caso de sello bicapa, el segundo riego de emulsión, se recomienda su aplicación con la dosis y la temperatura aprobadas, prevista en el procedimiento de trabajo, del mismo modo que el primer riego.

**Segunda extensión de árido**

En el caso de sello bicapa o monocapa doble engravillado, la segunda extensión y compactación del árido se puede realizar con la dotación prevista en el procedimiento de trabajo, del mismo modo que la primera capa.

**Rodillado final**

Inmediatamente después de la extensión del último árido se procede a su rodillado, que se puede ejecutar longitudinalmente, comenzando por el borde inferior, progresando hacia el centro y solapándose cada pasada, un mínimo de 0.30 m, con la anterior, hasta obtener una superficie lisa y estable.

El rodillado se complementa con el trabajo manual necesario para la corrección de todos los defectos e irregularidades que se puedan presentar.

**Terminación**

Una vez terminado el rodillado del árido y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado en el riego alcance una cohesión suficiente para resistir la acción de la circulación normal de vehículos, se debe eliminar todo exceso de árido que haya quedado suelto sobre la superficie, antes de permitir dicha circulación.

Cuando se emplee un ligante del tipo emulsión normal o emulsión modificada con elastómero y una vez terminado el rodillado final de la superficie sellada, se debe proceder a efectuar un barrido que asegure únicamente la eliminación del árido en exceso, tras lo cual, se aplica un riego neblina, en dosis de 0,3 a 0,5 kg/m<sup>2</sup> de emulsión normal diluida en agua 1:1 (una parte de agua por una parte de emulsión), con una tolerancia de ± 0,1 kg/m<sup>2</sup>. Esta dosis puede ser adicional a la establecida en la dosificación del sello asfáltico.

Sobre el riego neblina se puede efectuar una aplicación de mezcla de polvo, de arena o una mezcla de ambos, uniformemente distribuido, el cual se ajusta a la banda granulométrica de la Tabla 12-10 y a los requisitos de la Tabla 12-11, dejando la superficie terminada a plena satisfacción.

**Tabla 12-10**

Granulometría mezcla de polvo de roca y arena

Tamices		Porcentaje que pasa en peso, %
mm	ASTM	
5	N° 4	100
0,16	N° 100	10 – 30
0,08	N° 200	0 – 10

**Tabla 12-11**

Requisitos a mezcla de polvo de roca y arena para sellos

<b>Ensayo</b>	<b>Exigencia</b>	<b>Método</b>
Desintegración con sulfato de sodio	Máximo 12 %	Nch 1328.
Partículas lajeadas	Máximo 10 %	MC 8202.6

A menos que el Proyecto establezca otra cosa, la superficie del sello de agregado puede barrerse una vez que transcurran, a lo menos, 24 horas de aplicado el riego neblina y polvo de roca cuando corresponda y cuando el ligante haya curado o quebrado completamente.

En el caso que ocurra desprendimiento de áridos incrustados en el ligante, el barrido puede ser postergado por un periodo adicional al señalado.

La velocidad de operación se puede restringir mediante la señalización adecuada, hasta la mañana siguiente o hasta que se lo determine. Asimismo, dicha señalización sirve para prevenir a los usuarios de la presencia de gravilla suelta en la calzada.

Alternativamente, el tramo terminado se puede entregar al tránsito al día siguiente de su construcción, previo barrido de su superficie e instalación de la señalización adecuada, incluso con velocidad restringida cuando lo estime necesario.

Conjuntamente se recomienda barrer la superficie de todo tramo terminado y entregado al tránsito, cada mañana, por los siguientes cuatro días consecutivos a su construcción. Inmediatamente, después del último barrido, se recomienda despejar la plataforma de la vía de todo árido suelto que se encuentre en sus costados y que dicho material se disponga de manera que no interfiera con el drenaje superficial de la calle.

#### **12.1.4.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN)**

La aplicación del sello se debe llevar a cabo solo cuando la temperatura ambiente sea superior a 10 °C. Dicho límite se puede rebajar por el Fiscalizador 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar. No se recomienda realizar trabajos si hay tiempo neblinoso, probabilidades de lluvia, hielo en la superficie o viento fuerte.

En general, cuando se utilicen emulsiones asfálticas en zonas frías, es recomendable poner especial atención en que las condiciones climáticas sean las adecuadas para permitir el tiempo de quiebre de las emulsiones, antes que se produzca el congelamiento.

#### **12.1.4.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

La superficie de la capa debe presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones.

Para vías Expresas, Troncales y Colectoras, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido con el Péndulo Británico según NLT-175, o con equipo Griptester según MC 8.502.18, se recomienda sea superior a 0,6.

Se medirá por pista y, en caso de emplear péndulo, se determinará a distancias máximas de 50 m y se contará al menos con dos mediciones por pista.

Las Especificaciones del Proyecto definirán el criterio de aceptación y rechazo.

### **12.1.5 SELLADO DE GRIETAS PAVIMENTOS ASFALTICOS**

La operación consiste en sellar con asfalto, algunos de los tipos de grietas que se producen en los pavimentos asfálticos, con el propósito de minimizar la infiltración de agua y la oxidación del asfalto.

Se distinguen tres niveles de tratamiento para la ejecución de los trabajos, dependiendo del ancho que presente el espaciamiento existente entre las paredes de la cavidad a reparar, cualquiera sea la calidad de ésta (grietas y fisuras en el pavimento, pequeñas fisuras en sellados ejecutados anteriormente, etc.). Dichos niveles se explican más adelante.

En forma previa al relleno de las cavidades, se procede a la remoción y extracción de los materiales inadecuados o sueltos que haya en las juntas y grietas. Esta operación se ejecuta con herramientas manuales apropiadas para el caso, sin emplear técnicas de percusión que pueden dañar el resto del pavimento. El polvo y material suelto que quede, se elimina mediante un barrido enérgico y un soplado con aire comprimido, hasta dejar las paredes totalmente limpias y firmes en toda su profundidad.

Todo material resultante de la limpieza de las cavidades se retira de la calzada y se transporta hasta un botadero autorizado.

En caso de discrepancias respecto al ancho, y consecuentemente respecto al tipo de procedimientos a utilizar, para ejecutar el relleno en cierto sector, la Inspección Técnica, determina en definitiva la faena que se efectúe.

Se recomienda que una vez ejecutado el relleno de una cavidad, el nivel superior del sellado no exceda la cota del pavimento adyacente.

#### **12.1.5.1 GRIETAS CON ANCHO COMPRENDIDO ENTRE 3Y 20 MM**

**Cuando la grieta tenga un ancho entre 3 y 20 [mm], se recomienda emplear como material sellante un mastic asfáltico que cumpla como mínimo las especificaciones de la**

Tabla 12-12Especificaciones para el material sellante.

El material de sellado se trabaja a la temperatura recomendada por el fabricante del producto asfáltico, y es aconsejable que éste rellene completamente la cavidad, en el espesor que sea necesario.

Penetración a 25° C	=	máx. 60 mm
Ductilidad a 0°C	=	min. 2 cm.
Punto de ablandamiento	=	min. 59°C
Filler	=	máx.25%

**Tabla 12-12**

Especificaciones para el material sellante

Penetración a 25° C	=	Máx. 60 mm
Ductilidad a 0°C	=	Min. 2 cm.
Punto de ablandamiento	=	Min. 59°C
Filler	=	Máx.25%

**12.1.5.2 GRIETAS CON ANCHO COMPRENDIDO ENTRE 20 Y 70 MM**

Cuando la junta o la grieta tenga un ancho superior a 2 cm., el tipo de relleno a utilizares una mezcla arena-asfalto, tipo lechada asfáltica, utilizando como material asfáltico una emulsión tipo CSS-1, CSS-1h o SS-1h.

Se recomienda que la arena se ajuste a una de las bandas granulométricas que se presentan en la Tabla 12-13, o bien puede corresponder a una de las bandas indicadas en laTabla 12-14. La dosificación definitiva es efectuada por un laboratorio autorizado.

**Tabla 12-13**

Bandas granulométricas

Tamiz		Porcentaje que (pasa en peso) :	
		Banda tipo A	Banda tipo B
10 mm	( 3/8 ")	100	100
5 mm	( N° 4)	85 - 100	85 - 100
2.5 mm	( N° 8)	80 - 95	65 - 90
0.63 mm	( N° 30)	55 - 80	30 - 50
0.16 mm	( N° 100)	4 - 14	5 - 15

**Tabla 12-14**

Requisitos de los áridos para sellos.

<b>Ensayo</b>	<b>Exigencia</b>	<b>METODO</b>
Desgaste los Ángeles	Máximo 25% (1)	Nch 1369.Of1978
Desintegración con Sulfato de Sodio	Máximo 12%	Nch 1328.Of1977
Árido Chancado	Mínimo 70%	MC 8.202.6
Lajas	Máximo 10%	MC 8.202.7
Índice de lajas	Máximo 30%	MC 8.202.7

(1) El proyecto puede indicar otro valor, debidamente justificado, que no supere el 30%.

Después de aplicar en las paredes de la cavidad, un riego de liga con emulsión asfáltica diluida, en proporción 1:1, se coloca una mezcla bituminosa para el relleno, evitando cualquier tipo de contaminación. La mezcla se compacta mediante algún tipo de herramienta manual, que puede ser un pisón o varilla metálica.

**12.1.5.3 GRIETAS CON ANCHO SUPERIOR A 70 MM**

Quando la juntura o grieta tenga un ancho mayor a 7 cm., se aplica como relleno, una mezcla asfáltica que puede ser en caliente o en frío.

Se recomienda que el material asfáltico cumpla con las especificaciones del presente Manual.

Se utilizarán mezclas asfálticas en caliente empleando cemento asfáltico tipo CA 60 – 80, y un árido que se ajuste a la banda granulométrica de la siguiente tabla.

**Tabla 12-15**

Granulometrías de arenas para el sellado

<b>Tamiz</b>		<b>Porcentaje en peso que pasa</b>
<b>mm</b>	<b>(ASTM)</b>	<b>C</b>
12.5	(1/2")	100
10	(3/4")	85 – 100
5	(N° 4)	55 – 85
2.5	(N° 8)	35 – 65
0.63	(N° 30)	15 – 35
0.16	(N° 100)	2 – 10

Previamente, se aplica en las paredes de la grieta, un riego de liga con emulsión diluida, en proporción 1:1. La mezcla se compacta mediante algún tipo de herramienta manual, que puede ser un pisón o varilla metálica, de acuerdo al ancho de la cavidad.

### **12.1.6 SELLADO DE GRIETAS Y JUNTAS DAÑADAS PAVIMENTO DE HORMIGÓN**

#### **12.1.6.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

En este apartado se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón.

Conservar selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sello cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca, es necesario que juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el que se puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo, durante la mañana, antes que el sol caliente la superficie. En ese momento las caras se encuentran con su máxima separación, a veces sin tocarse, lo que se puede determinar introduciendo una delgada lamina de acero, y/o porque presentan los bordes saltados.

Para los efectos de esta operación, las juntas y grietas pueden agruparse en función de su ancho promedio, forma y ubicación, de acuerdo a lo siguiente:

- Juntas de hasta 12 mm de ancho.
- Juntas de ancho entre 12 y 20 mm.
- Juntas de ancho entre 20 y 30 mm.
- Grietas de ancho entre 3 y 30 mm.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho.

#### **12.1.6.2 MATERIALES**

Juntas de hasta 12 mm de ancho: Se recomienda sellar con productos que tengan una deformación admisible entre el 20% y el 30%, y utilizar imprimantes y cordones de respaldo adecuados y compatibles con el sellante.

Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm: Se recomienda sellar con productos del tipo termoplástico aplicados en caliente, que tengan una deformación admisible entre el 10% y el 20%.

Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm y grietas entre 3 mm y 30 mm de ancho y grietas longitudinales: Se recomienda sellar con un producto tipo mastic asfáltico modificado con polímero que cumpla con lo siguiente:

- Penetración, 25°C, 100g, 5s, 10-1 mm: Max. 60, según NCh 2340.Of1999.
- Ductilidad, 0°C, mm: Min. 20, según NCh 2342.Of1999.
- Filler, porcentaje en peso: Max. 25.
- Punto Ablandamiento, °C: Min. 58, según NCh 2337.Of1998.

Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm: Se recomienda sellar con una mezcla de arena-emulsión asfáltica con una dosis mínima de 18% de emulsión y ajustar la arena a alguna de las granulometrías que se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 12-16**

Granulometrías de arena para el sellado

Tamiz		Porcentaje en peso que pasa		
mm	(ASTM)	A	B	C
12.5	(1/2")	-	-	100
10	(3/8")	100	100	85 - 100
5	(N°4)	85 - 100	85 - 100	55 - 85
2.5	(N°8)	80 - 90	65 - 90	35 - 65
0.63	(N°30)	55 - 80	30 - 50	15 - 35
0.16	(N°100)	5 - 15	5 - 15	2 - 10

**12.1.6.3 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO**

**Limpieza.**

Se recomienda que:

- Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, se limpien completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para ello se use sierras, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al hormigón.
- No se usen barretas, chuzos, equipos neumáticos de percusión u otras herramientas o elementos destinados a picar la junta o que puedan soltar o desprender trozos de hormigón.
- En general no se use solvente para remover el sello antiguo, salvo que se demuestre que el procedimiento no significa transportar los contaminantes hacia el interior de la junta, ni una impregnación mayor del hormigón con aceite u otros materiales.
- Una vez removido el sello antiguo se proceda a reparar cuidadosamente barriendo con una escobilla de acero, que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto.
- La limpieza se termine con un soplado con aire comprimido con una presión mínima de 0,83 MPa, que elimine todo vestigio de material contaminante, incluso el polvo.
- Antes de utilizar este equipo, se verifique que el aire expulsado este completamente libre de aceite.

### **Imprimación**

Es recomendable dar un especial cuidado a la imprimación, en los casos que esta se use de modo de producir una perfecta adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas o grietas.

### **Sellado de juntas de hasta 12 mm de ancho**

Se recomienda que:

- Se haga la limpieza de grietas con aire comprimido.
- Las juntas que carezcan de una caja en su parte superior se aserren para conformar una caja, mínimo de entre 8 mm y 12 mm de ancho y entre 22 mm y 35 mm de profundidad, según el tipo de sellante y respaldo por emplear.
- El cordón o lámina a emplear como respaldo se ajuste a lo recomendado por el fabricante del material sellante, y sea ligeramente más ancho que la junta de manera que ajuste bien y quede perfectamente alineado a una profundidad constante y sin pliegues o curvaturas.
- Cuando el fabricante del sellador recomiende usar imprimante, este se coloque en forma pareja cubriendo las dos caras de la junta, utilizando procedimientos comprobados.
- El sellante cubra el ancho de la caja y quede entre 4 mm y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

### **Sellado de juntas de ancho entre 12 y 20 mm**

Se recomienda que:

- Para estas juntas se siga un procedimiento similar al descrito para las juntas de hasta 12 mm de ancho, salvo que el ancho de la caja llega hasta 20 mm, y su profundidad la necesaria para colocar el cordón de respaldo o lámina, un sellante de mínimo 14 mm de profundidad y que queden 4 mm a 5 mm libres entre la cara superior del sellante y la superficie del pavimento.
- Las juntas clasificadas en este grupo se sellen con productos termoplásticos y que el imprimante se ajuste a las recomendaciones del fabricante del sellante.

### **Sellado de juntas de ancho entre 20 y 30 mm**

Se recomienda que las juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm se limpien con aire comprimido, se sellen con productos del tipo mastic asfáltico y que la profundidad del sello sea como mínimo de 15 mm, y quede de 4 a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

### **Sellado de grietas de ancho entre 3 y 30 mm.**

Se recomienda que las grietas se limpien con aire comprimido y luego biselen los bordes mediante equipo esmerilador u otro aprobado, de manera de formar una cavidad de 6 mm de ancho mínimo y se sellen con productos tipo mastic asfáltico. El espesor del material sellante sea como mínimo de 15 mm, cualquiera fuere el ancho superficial de la grieta, y quede entre 4 mm y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

### **Sellado de juntas y grietas de ancho superior a 30 mm**

Se recomienda que:

- Las juntas y grietas de más de 30 mm de ancho se limpien con aire comprimido, y se sellen con una mezcla de arena-emulsión asfáltica siempre que el ancho promedio no exceda los 100 mm, en

cuyo caso el sellado se hace con una mezcla en caliente. En ambos casos el espesor del material sellante es como mínimo 20 mm.

- El relleno quede de 4 mm a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.
- Las paredes de las juntas y grietas se impriman con emulsión asfáltica diluida.
- Se use emulsiones del tipo CSS-1, a las que se les agrega una parte igual de agua.
- No imprimir una longitud mayor que aquella que pueda sellarse en la jornada de trabajo.

### **Sellado de juntas longitudinales de cualquier ancho**

Se recomienda que las juntas longitudinales se limpien con aire comprimido, y sellen con productos tipo mastic asfáltico.

### **Preparación de las Mezclas de Sellado.**

Se recomienda que:

- Salvo que las instrucciones del fabricante de un determinado producto indiquen otra cosa, o cuando se utilice un imprimante en base a emulsiones asfálticas, las juntas y grietas se encuentren perfectamente secas antes de comenzar el sellado.
- Solo se proceda a sellar cuando la temperatura ambiental sea superior a 5°C e inferior a 30°C.
- El mezclado o la preparación de mezclas, según corresponda, se debe hacer con equipos mecánicos adecuados que aseguren productos homogéneos y de características constantes.
- La mezcla y homogeneización de productos líquidos se haga con equipos de agitación mecánicas que no superen las 150 RPM y los calentadores dispongan de controles que permitan variaciones de la temperatura, incluso de ser necesario, se caliente en bañomaría en aceite.
- En ningún momento la temperatura máxima de colocación recomendada por el fabricante pueda sobrepasarse en más de 6 °C y no se coloque el sellante a una temperatura inferior en 6 °C respecto de la recomendada.
- El sellado se ejecute con equipos mecánicos adecuados para asegurar un vaciado continuo y uniforme, que no deje espacios intermedios sin rellenar y que la operación además sea limpia, rellenando exclusivamente las áreas requeridas.
- Cualquier material de sello que manche zonas del pavimento fuera de la grieta o juntase retire.

## **12.1.7 CEPILLADO DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN**

### **12.1.7.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

Esta operación se refiere al cepillado superficial del pavimento de hormigón con el objetivo de reducir las irregularidades, lo que mejora la serviciabilidad y prolonga la vida útil. El procedimiento elimina sustancialmente las irregularidades creadas por el escalonamiento de juntas, las deformaciones originadas por los gradientes térmicos, y/o durante la construcción, así como también aumenta la fricción entre neumáticos y pavimento y/o para restaurar un adecuado drenaje y las características del rodado a las superficies del pavimento. No aumenta la capacidad estructural de un pavimento pero, al minimizar los efectos de las cargas dinámicas, permite que la estructura soporte un mayor número de solicitaciones durante el resto de su vida útil.

### **12.1.7.2 EQUIPO**

El equipo de cepillado consistirá en una máquina autoimpulsada con un motor de potencia, especialmente diseñada para suavizar la textura del hormigón mediante un cabezal de corte constituido por una serie de discos diamantados paralelos entre sí. La distancia entre ejes de apoyo del equipo no debe ser inferior al largo de las losas, debiendo disponer de un eje tándem direccional al frente y de ruedas traseras adecuadas para circular sobre la superficie recién cepillada. El cabezal de corte no debe estar a más de 0,90 m por delante del centro de las ruedas traseras.

El equipo tendrá una forma y dimensión tal que no interfiera con el movimiento del tránsito por fuera del área de trabajo. El cabezal se conformará de manera que corte o cepille como mínimo 900 mm de ancho por pasada, sin causar el desconche de las grietas, juntas o de otras localizaciones. El equipo debe ser inspeccionado periódicamente para asegurar su adecuado funcionamiento. No se debe operar con un equipo que presente defectos en su cabezal.

Para el remate de bordes de solera se puede utilizar una máquina cepilladora manual con un cabezal de corte de menor tamaño.

### **12.1.7.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

Los planos del proyecto señalarán las áreas de las superficies de pavimento a ser cepilladas. El cepillado es una partida que se debe ejecutar una vez finalizadas todas las actividades de rehabilitación del pavimento, a excepción el sello de grietas y juntas que se debe realizar con posterioridad.

La operación será calendarizada y se procederá de modo tal que logre obtenerse una superficie terminada uniforme. El cepillado se ejecutará en todo el ancho de la pista solicitada, debiendo llegar a unos 20 cm del borde de las soleras existentes. Se ejecutará de manera que mantenga la pendiente transversal existente, excepto en aquellos casos en que se desee corregir según lo especificado por el proyecto. Las pistas de aceleración, frenado u otras adyacentes a la que se está cepillando deberán tratarse, como mínimo, en toda la longitud necesaria para asegurar un correcto drenaje de la pista principal.

Se cepillará hasta que las superficies del pavimento en los lados adyacentes de las juntas transversales y grietas se encuentren en el mismo plano. La operación dará como resultado un pavimento que se ajusta a una típica sección transversal.

La intención que tiene esta especificación es la de eliminar el escalonamiento de las juntas y grietas, lograr que las características generales del rodado se encuentren dentro de los límites especificados, y que substancialmente, todas las superficies del pavimento sean texturadas, a excepción de aquellas con depresiones menores, para cuya eliminación no sería requerido un cepillado de espesor extra para dar textura al 100% del pavimento.

El contratista establecerá los medios efectivos para asegurar la alimentación de agua del equipo, de ser necesario, y una adecuada remoción de los residuos del cepillado. El residuo sólido será eliminado de la superficie del pavimento antes de que pueda ser esparcido por acción del tránsito vehicular o del viento. No debe permitirse que los residuos se trasladen a las pistas de tránsito público o a los sumideros existentes, en consecuencia, los desechos del cepillado serán recibidos directamente por un camión estanco que permita su transporte sin derramar residuos, hasta el botadero propuesto por el contratista y aprobado por la I.T.O., el cual se podrá encontrar a cualquier distancia del lugar de las obras.

Todos los vehículos de apoyo, tanto de abastecimiento de agua como de retiro de residuos, deberán estar orientados en la dirección del tránsito, dentro del área de trabajo.

Cuando los trabajos se realicen con las vías adyacentes en servicio deberán adoptarse las medidas de seguridad adecuadas.

#### **12.1.7.4 ACABADO FINAL DE LA SUPERFICIE**

El proceso de cepillado debe producir una superficie de pavimento lisa y de apariencia uniforme, con una textura formada por ranuras longitudinales paralelas al eje de la calzada. Las ranuras deben ser de 1,6 mm $\pm$ 0,8 mm de profundidad, con aproximadamente ciento ochenta a doscientas ranuras equiespaciadas por metro. El contratista tiene la responsabilidad de hacer la selección del número de discos por metro a ser empleados para producir el acabado de la superficie previamente descrita, dependiendo del tipo de agregado que pueda hallarse presente en el pavimento. No se aceptará una configuración de ranuras que no se ajuste al acabado de la superficie previamente descrito.

El acabado de la superficie del pavimento será evaluado por la calidad de su rodado.

Cuando se requiera reparar el cepillado para cumplir con la rugosidad de proyecto o con el acabado final de la superficie, se deberá recepillarse el ancho total de la pista en el área a ser corregida. No se permitirá el recepillado de sólo una porción del ancho de la pista.

En la eventualidad de que una (o más) pista(s) no vaya a ser cepillada, el alineamiento vertical del borde en la interface entre la pista cepillada y la(s) no cepillada(s) no debe ser mayor de 3 mm, debiendo el contratista reducir el corte de la pista cepillada hasta donde sea necesario para cumplir con este requisito.

Cualquier deficiencia en el acabado final de la superficie, debido a la operación impropia de los equipos, será de cargo del contratista. La superficie cepillada del pavimento debe ser examinada cuidadosamente durante el cepillado, debiéndose tomar la acción correctiva necesaria tan pronto como las deficiencias mencionadas ocurren.

Una vez acabado el cepillado se procederá al resellado de todas las juntas y grietas, para lo cual ha de considerarse el retiro del sello existente además de la limpieza correspondiente de las cajas. Todo este proceso se deberá realizar siguiendo la especificación correspondiente.

### **12.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN**

Entre las últimas estrategias a aplicar durante la vida útil de un pavimento, están las de reconstrucción, las cuales tienen por objeto reparar elementos para volverlos al estado o estimación de lo original, mejorando la capacidad funcional y/o estructural del pavimento.

#### **12.2.1 BACHEO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

La operación comprende la reparación y el reemplazo de áreas puntuales del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos.

La determinación del área de trabajo corresponderá a lo definido en metodología de intervención definitiva de emergencia IDE.

### **12.2.1.1 MATERIALES**

Se recomienda que:

- Cuando la mezcla de reemplazo se apoye sobre una base granular, ésta se imprima según el procedimiento descrito en el presente Manual.
- Cuando la mezcla se coloque apoyándose sobre una capa asfáltica y cuando se utilicen medios mecánicos para el bacheo, se imprima la superficie según el procedimiento de riego de liga descrito en el presente manual.

En la reparación de pavimentos de concreto asfáltico en caliente, se usen de preferencia, mezclas asfálticas en caliente, que cumplan con la banda granulométrica correspondiente a la categoría de vía involucrada, consultar metodología IDE.

La dosificación se debe ajustar a lo señalado en el Capítulo de Mezclas Asfálticas en Caliente.

- En la reparación de pavimentos constituidos por mezclas en frío, se ejecute un bacheo mecanizado, el cual se puede realizar con una mezcla en frío, de diseño propuesto por el fabricante y que su empleo sea adecuado.

### **12.2.1.2 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO**

#### **Bacheo manual**

Se recomienda entender como bacheo manual, el procedimiento tradicional que consiste en la remoción manual de la zona deteriorada, la limpieza de las paredes resultantes para posteriormente colocar un imprimante o un riego de liga, según corresponda, para finalizar con la colocación de una mezcla asfáltica.

#### **Remoción del área deteriorada**

Se recomienda que:

Primero se delimite el área por remover, demarcándola con pintura, de forma rectangular o cuadrada, comprendiendo toda la zona deteriorada que presente fallas o un bache. Debe incluir, lo definido en metodología de intervención definitiva de emergencia IDE.

- Las mezclas asfálticas se corten de manera que las paredes queden verticales. Para ello se usan sierras, de preferencia, aun cuando también pueden emplearse taladros.
- La remoción alcance hasta una profundidad en que las mezclas no presenten signos de agrietamientos o fisuras y, en el caso de baches, alcancen como mínimo hasta el punto más profundo de él.
- Se tenga especial cuidado de no dañar la base granular existente bajo las capas asfálticas.

#### **Relleno**

Se recomienda que:

- Las paredes y el fondo de la zona en que se hace la remoción, se limpien mediante un barrido enérgico que elimine todas las partículas sueltas (de preferencia mediante soplado) y retire el polvo.
- Las paredes queden firmes y perfectamente limpias.

- La superficie se recubra con ligante (riego de liga o imprimación según corresponda), para lo cual se utilizan escobillones u otros elementos similares que permitan esparcirlo uniformemente (normalmente la dosificación está comprendida entre 1,3 y 2,4 l/m<sup>2</sup>).
- Antes de colocar la mezcla asfáltica de relleno, se verifique que la emulsión de la liga haya quebrado, o que la imprimación haya penetrado según lo especificado.
- La mezcla asfáltica se extienda y nivele mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante y en los extremos coincida con las líneas de corte de la zona.
- La mezcla se deje con paredes verticales y se retire cualquier exceso.
- La compactación se haga con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 tn de peso o alternativamente se use un rodillo manual, dependiendo del espesor de la capa por compactar.
- El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el pavimento que la rodea sea de 3 mm.

### **Bacheo mecanizado**

Se refiere a las labores de bacheo superficial realizadas mediante un equipo, especialmente diseñado, que secuencialmente limpia el área afectada, coloca un imprimante o riego de liga a presión y rellena y compacta el bache con una mezcla asfáltica.

Se recomienda que:

- Cuando el trabajo definido en esta operación se haga utilizando una mezcla preparada, tipo stock pile (mezcla compuesta por cemento asfáltico modificado y áridos seleccionados con un mínimo de 80% de chancado, permite una pronta apertura al tránsito una vez finalizada la colocación de la mezcla), corresponda a situaciones de emergencia o en épocas cuando las precipitaciones impidan utilizar otro material.
- Consecuentemente, en estos casos, el trabajo se termine dentro de un plazo de 24 horas desde el momento que se dé la orden de ejecución.
- Cuando los trabajos se realicen con la calle en servicio, antes de iniciarlos se adopten las medidas seguridad necesarias para la óptima ejecución de los trabajos.

## **12.2.2 BACHEO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

La operación se refiere al reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento asfáltico, cuando el daño afecte tanto a la(s) capa(s) asfáltica(s) como, a lo menos, parte de la base y sub-base. El procedimiento se aplica para reparar áreas que presenten fallas originadas por agrietamientos de las diversas capas asfálticas y/o por debilitamiento de la base, sub-base y/o subrasante.

La determinación del área de trabajo corresponderá a lo definido en metodología de Intervención Definitiva de Emergencia (IDE).

### **12.2.2.1 MATERIALES**

#### **Bases y Sub-bases**

Se recomienda que las sub-bases y bases existentes por remover, se reemplacen por materiales que cumplan los requisitos establecidos en el presente Manual.

### **Ligantes**

Es conveniente que para el riego de imprimación, se usen materiales que cumplan con lo estipulado en el presente Manual para riego de liga.

### **Mezclas asfálticas.**

En la reparación de pavimentos de concreto asfáltico en caliente, se aconseja usar, de preferencia, mezclas asfálticas en caliente, que cumplan con la banda granulométrica correspondiente a la categoría de vía involucrada.

## **12.2.2.2 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO**

### **Remoción del Área Deteriorada**

Se recomienda que:

- Primero se delimite el área por remover, demarcándola con pintura, de forma rectangular o cuadrada, comprendiendo toda la zona deteriorada que presente fallas o un bache e incluya, lo definido en metodología de intervención definitiva de emergencia (IDE)
- Las mezclas asfálticas se corten de manera que las paredes queden verticales, utilizando de preferencia sierras, pero también pueden emplearse taladros.
- Cuando se reparen baches, la remoción alcance como mínimo hasta el punto más profundo de éstos, y continúe, si a ese nivel el material no se encuentra firme.
- En la reparación de los otros tipos de fallas, se retiren todas las capas asfálticas, y se continúe con la base y sub-base hasta encontrar una superficie firme y densa.
- Al programar la profundidad de la remoción, se deberá considerar la estructura de pavimentos considerada en metodología IDE, según la categoría de vía proyectada.
- El fondo de la excavación sea paralelo a la rasante.
- Reemplazo de Bases y Sub-bases.

Se sugiere que:

- Antes de iniciar la colocación de los materiales de reemplazo se revise el fondo y paredes de la excavación, para verificar que no existen o han existido escurrimientos de aguas. Si ello así ocurre, es conveniente asegurar que los escurrimientos sean evacuados en el futuro.

La metodología de colocación de bases y sub-bases será la indicada en el presente manual.

### **Relleno con Mezclas Asfálticas**

Se recomienda que:

Se imprime el fondo de la zona en que se hace la remoción o que queda después de reemplazar la base y sub-base, utilizando ligante.

Las paredes de las capas asfálticas, se limpien eliminando todas las partículas sueltas y luego, de preferencia mediante soplado, se retire el polvo.

A continuación, la superficie se recubra con el ligante, mediante una escobilla u otro elemento similar que permita un cubrimiento uniforme (normalmente se coloca entre 0.4 y 1.0 l/m<sup>2</sup>).

- Antes de colocar la mezcla asfáltica de relleno, se verifique que la emulsión de la liga haya quebrado, y que la imprimación haya penetrado según lo especificado.
- La mezcla se extienda y nivele mediante rastrillos, restituyendo las pendientes originales y colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante.
- En los extremos, y coincidiendo con las líneas de corte de la zona, se recorte la mezcla, de manera de dejar paredes verticales y retirar cualquier exceso.
- La compactación se haga con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 tn de peso.
- Alternativamente puede usarse un rodillo manual, dependiendo del espesor de la capa por compactar. El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el pavimento que la rodea es de 3 mm.
- Cuando los trabajos se realicen con la calle en servicio, antes de iniciarlos se adopten las medidas seguridad necesarias para la óptima ejecución de los trabajos.

### **12.2.3 FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO**

#### **12.2.3.1 ALCANCES**

Esta partida corresponde al desgaste de la superficie del pavimento asfáltico existente, en las áreas y en el espesor definidas en los planos proyecto, con el fin de restaurar la rasante, removiendo de este modo, deformaciones e imperfecciones, dejando una superficie texturizada que sirve de base para un recapado.

El fresado puede ser superficial o profundo, total o parcial, dependiendo del estado del pavimento y del tipo de intervención que se determine realizar.

El material extraído será transportado a cualquier distancia para ser depositado en un botadero autorizado por la I.T.O.

#### **12.2.3.2 PROCEDIMIENTO**

El equipo a utilizar en este trabajo consistirá en una máquina fresadora autopropulsada con potencia propia, tracción y estabilidad suficientes para mantener con exactitud el espesor de corte y pendiente transversal del pavimento del resto de la calzada.

Deberá contar con dispositivos que permitan establecer con exactitud y automáticamente el espesor de corte a ambos extremos de la máquina con la tolerancia indicada, tomando referencia del pavimento existente por medio de un sistema de patines o zapatos, o bien mediante controles de índole independiente, permitiéndole así una correcta lisura longitudinal y pendiente transversal. Deberá contar además con un elemento que cargue el material fresado durante el avance de la máquina (autocargador) o cargado en forma indirecta.

Se deberá contar con un equipo barredor a fin de lograr una limpieza adecuada luego de realizado el fresado.

El espesor del fresado será el necesario para cumplir con los espesores de asfalto establecidos en el Proyecto texturizando el 100% de la superficie.

La medición final será realizada sólo después que se haya removido el total espesor previsto, y en las secciones terminadas con una correcta lisura longitudinal y la pendiente transversal apropiada.

El fresado del pavimento bituminoso deberá ejecutarse a la temperatura ambiente sin recurrir al impacto de martillos ni al uso de solventes o ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados pétreos y las propiedades del asfalto existente. En todo caso, deberá evitarse la contaminación del material removido con agentes extraños al mismo.

Cuando el pavimento asfáltico a remover se encuentre ubicado próximo a tapas de cámaras de inspección, rejillas u otras singularidades, y no pueda ser extraído con la máquina de fresado, deberá utilizarse otros métodos aprobados por la I.T.O., o bien quedará a disposición del contratista para los fines que determine, debiendo quedar la superficie del pavimento libre de material suelto y de acuerdo a las condiciones indicadas en los perfiles tipos adoptados.

La mezcla asfáltica extraída mediante este procedimiento deberá transportarse hasta el botadero propuesto por el contratista y aprobado por la I.T.O., el cual se podrá encontrar a cualquier distancia del lugar de las obras.

La remoción del pavimento podrá ser realizada en varias etapas de fresado, la última de ellas deberá dejar una superficie nivelada, de textura rugosa, aunque no fracturada por defecto del fresado, con una tolerancia de  $\pm 0,5$  cm respecto de la cota antes indicada.

Cualquiera que fuere el método utilizado por el Contratista para ejecutar este trabajo, no deberá producir daños y/o perturbaciones a objetos, estructuras o instalaciones que se encuentren próximos a la zona donde acciona el equipo, así como tampoco afectar las estructuras de pavimento adyacentes que quedan en servicio, ni a las obras aledañas.

En los casos en los cuales al final de la jornada laboral no se haya completado el fresado de la misma capa en todo el ancho del pavimento, quedando en el sentido longitudinal bordes verticales de altura superior a 3 cm, éstos deberán ser suavizados de tal forma que no signifiquen peligro para el tránsito usuario durante el período de inactividad.

Igual precaución se debe tomar en todos los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

#### **12.2.4 RECAPADOASFÁLTICO**

##### **12.2.4.1 DESCRIPCIÓN**

La operación se refiere a la colocación de una nueva capa de rodadura sobre un antiguo pavimento de asfalto, con el fin de recuperar propiedades funcionales del pavimento.

Estas especificaciones corresponden a los trabajos necesarios para la ejecución de recapados asfálticos en caliente. Se incluyen además los requisitos para el transporte, la distribución y la compactación de la mezcla que será utilizada para reemplazar la carpeta asfáltica existente, en un espesor definido en el proyecto.

Los espesores de recapados asfálticos dependen la categoría de la vía involucrada según la siguiente tabla.

**Tabla 12-17**

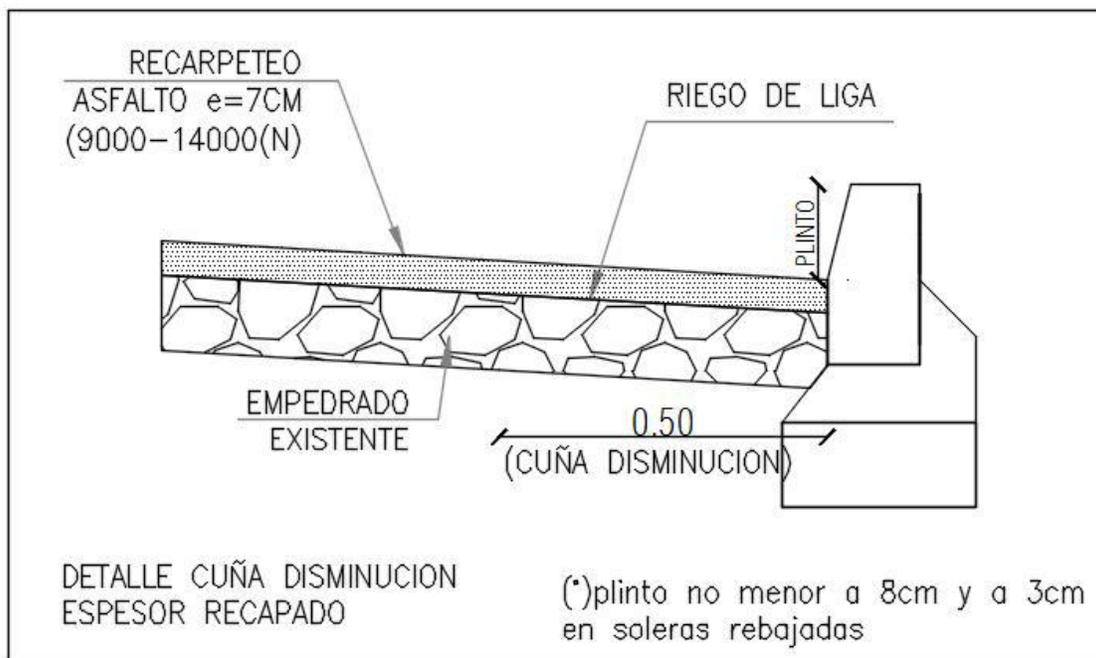
Espesores de recados asfálticos mínimos según categorías de vías

<b>Categoría de vías</b>	<b>Espesores de recapados (cm)</b>
Pasajes	5
Locales	5
Servicio	7
Colectora	7
Troncal	7
Metropolitana	7

#### **12.2.4.2 CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS**

El Contratista replanteará la solución geométrica del proyecto definiendo la nueva rasante mediante dos puntos referenciales correspondientes a dos cruces consecutivos de calles. La solución para la pendiente transversal del proyecto deberá ser planteada de tal forma de respetar tanto los espesores proyectados, como los actuales bombeos existentes, compatibilizando esto con el plinto de la solera, el cual no deberá ser inferior a los 8cm, para el caso de las soleras rebajadas el plinto no podrá ser inferior a 3 cm. En todos los casos las soluciones planteadas deberán asegurar el libre escurrimiento de las aguas y adecuados empalmes con el pavimento existente que se conserva, para lo cual se deberán hacer los ajustes necesarios a fin de mejorar lo actual.

Con el fin de asegurar los plintos mínimos indicados en el párrafo anterior se podrán realizar cuñas como las que se indican en la figura siguiente.



**Figura 12-1**

Cuña disminución espesor

Se deberá poner especial atención en los cruces de calles, para lo cual se deberá realizar un completo levantamiento del cruce a fin de encontrar la mejor forma de compatibilizar el cumplimiento de espesores en todos los puntos, con lo expuesto en el párrafo anterior, en relación al escurrimiento de las aguas.

Para la recepción de esta partida será requisito indispensable la entrega de un perfil longitudinal entre los dos puntos definidos, y de perfiles transversales entre ambos puntos, a una distancia no mayor a 20 m entre sí, en donde se muestren claramente las características topográficas tanto de la plataforma de apoyo como las adoptadas para el recapado, indicando además los espesores resultantes de éste, tanto en los bordes de la pista a ejecutar, así como también en un punto intermedio de ésta.

### **12.2.5 SELLO DE JUNTAS Y GRIETAS EN PAVIMENTO BASE EXISTENTE**

Posterior al retiro de la carpeta asfáltica existente se contempla la ejecución de un sello de juntas y grietas del pavimento base, lo que se deberá realizar según lo señalado en este Manual. Una vez recibida esta partida se podrá continuar con la aplicación del riego de Liga.

#### **12.2.5.1 RIEGO DE LIGA**

Antes de la colocación de la mezcla asfáltica se deberá aplicar un riego de emulsión asfáltica en toda la superficie a recapar, lo que deberá ser ejecutado siguiendo lo estipulado en la especificación de dicha partida (ver Especificaciones técnicas generales de pavimentos en asfalto).

Una vez producido el "quiebre" del riego aplicado, se podrá comenzar con la colocación de la mezcla asfáltica del recapado.

**12.2.5.2 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

La mezcla asfáltica a utilizar será la que cumpla con los requerimientos fijados para ésta en el proyecto, dependiendo de la categoría de la vía involucrada en el proyecto.

Los requisitos generales, la colocación de la mezcla y compactación, serán las indicadas en los capítulos anteriores de este Manual.

**12.2.6 CUÑAS ASFÁLTICAS**

**12.2.6.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

Esta partida se refiere a la realización de Cuñas Asfálticas en los empalmes de calles que requieran una transición adecuada entre zonas de distintas configuraciones geométricas (cotas).

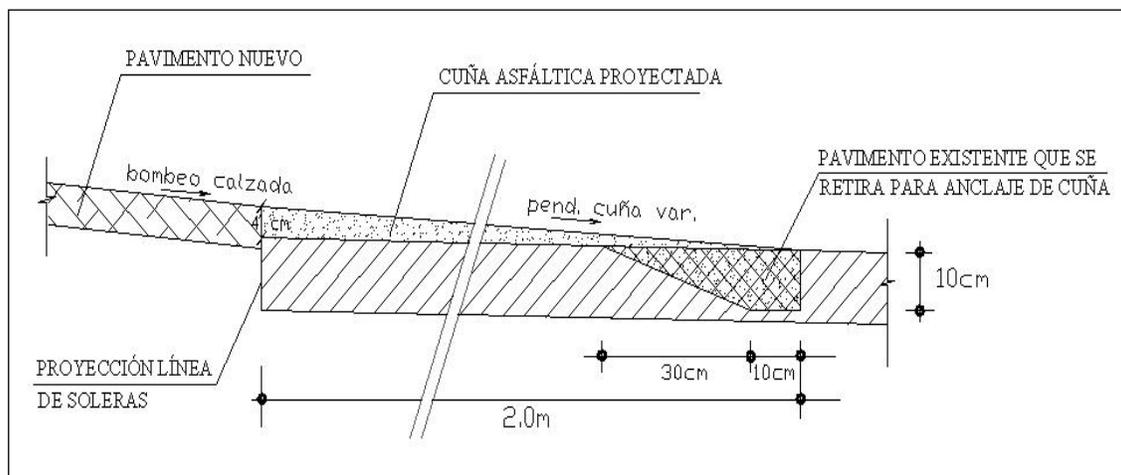
Las cuñas de empalme se consideran en todos los cruces en que sea necesaria su ejecución para el correcto calce entre la cota del recapado asfáltico o reposición de pavimento y la de la calle lateral, cuya extensión será hasta el término del radio de la intersección.

**12.2.6.2 MATERIALES**

Las cuñas se ejecutaran con una mezcla asfáltica de las mismas características que la usada para el recapado o reposición de pavimento, por lo que deberá cumplir con los requisitos especificados en los apartados correspondientes.

**12.2.6.3 EJECUCIÓN DE LAS CUÑAS ASFÁLTICAS**

Estas cuñas se ejecutará en la zona definida con anterioridad, y su geometría queda esquematizada en la figura siguiente, debiendo realizar los ajustes necesarios en terreno, para cada caso particular que se presente.



**Figura 12-2**

Esquema cuña asfáltica

#### **12.2.6.4 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

La superficie sobre la cual se realizarán las cuñas deberá estar limpia y sin la presencia de material suelto, ni suciedades que puedan impedir la adecuada adherencia entre las cuñas y la base.

Una vez cumplidos los requisitos anteriores se deberá proceder a la aplicación de un riego de liga en todas las superficies que recibirán la mezcla, lo que incluye las paredes verticales. Este riego deberá cumplir con todos los requisitos exigidos en la especificación de dicha partida (ver Especificaciones técnicas generales de pavimentos en asfalto).

#### **12.2.7 REPARACIÓN DE ESPESOR COMPLETO LOSA DE HORMIGÓN**

##### **12.2.7.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

Esta operación tiene por objetivo reemplazar una parte deteriorada del pavimento de hormigón, la que sugiere como mínimo, abarcar el ancho de una losa y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. En el caso que el reemplazo afecte un área delimitada por juntas de contracción, en ellas se pueden instalar barras de traspaso de cargas, de las características señaladas; en ese caso la longitud mínima por reponer es de 1,8 m.

Parte importante del éxito del procedimiento que se describe depende de dos consideraciones; que la zona por reemplazar se aisle completamente del resto del pavimento antes de comenzar a retirarla, y que se asegure una transmisión de cargas adecuada cuando la zona por reemplazar queda delimitada por una o más juntas de contracción, tomando las medidas para que exista una unión monolítica entre el hormigón de reemplazo y el pavimento antiguo no afectado, en los demás casos.

##### **12.2.7.2 MATERIALES**

Es recomendable que los hormigones y demás materiales se ajusten en todos sus términos a lo estipulado en los capítulos de Diseño Estructural y de Especificaciones Técnicas de Pavimentos de Hormigón

##### **12.2.7.3 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO**

###### **Remoción del Pavimento**

Se recomienda que:

- Antes de comenzar con los trabajos se marque claramente el área por remover, respetando las dimensiones mínimas señaladas anteriormente.
- La zona se aisle completamente del pavimento adyacente; así se minimizan los daños durante la operación de remoción.
- En el sentido transversal se hagan dos cortes con sierra, hasta una profundidad equivalente a 1/4 del espesor de la losa y a unos 150 mm más afuera de la línea que delimita la zona por reemplazar. Enseguida, por las líneas interiores se corte con sierra en todo el espesor.
- Por la junta longitudinal y los extremos laterales del pavimento, si estos son también pavimentados, los cortes también se profundizan a todo el espesor; si los extremos laterales no son pavimentados se hace espacio para luego colocar un moldaje.

- Cuando la zona dañada incluya una junta de contracción, se procure dejarla en el centro del área por remover y, en todo caso, entre los extremos de las barras de acero de amarre entre losas antiguas y el nuevo hormigón, una vez completamente aislada el área por reemplazar se proceda a retirarla, de preferencia levantándola en vez de demolerla.
- Hacer perforaciones para introducir pernos que permitan amarrar una cadena que se levante con maquinaria, como por ejemplo un cargador frontal.

Cualquiera que sea el procedimiento para remover la zona deteriorada, se evite dañara la sub-base y as losas adyacentes.

### **Preparación antes de hormigonar**

Se recomienda que:

- Si en el proceso de remoción se produce algún daño en la sub-base, esta se repare de manera que quede perfectamente lisa, a la cota que corresponda y la compactación se haga hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, (NCh 1534/2 Of.1979), o al 80% de la densidad relativa, (ASTM D 4253Of.2000, y ASTM D 4254 Of.2000), según corresponda.
- Las caras aserradas de las losas que presenten una superficie lisa se piquen hasta hacerlas disperejas y rugosas. Para ello, con herramientas livianas, incluso puede utilizarse martillos neumáticos livianos (máximo de 13,6 kg de peso), se pique para dejar una superficie inclinada entre el borde superior del corte inicial de 1/4 del espesor de la losa y el borde inferior del corte de todo el espesor.
- La zona quede rugosa, irregular e inclinada de arriba hacia abajo.
- En las caras de la losas antiguas, excluyendo la losa adyacente (junta longitudinal), se hagan perforaciones horizontales distanciadas cada 600 mm, exceptuando la más cercana al borde externo, se ubica a 500 mm de ese borde.
- Las perforaciones tengan 300 mm de largo y el diámetro adecuado para empotrar barras de acero estriadas, de 12 mm de diámetro y 600 mm de longitud; su objetivo es amarrar las losas antiguas con el nuevo hormigón.
- Para el empotramiento se use una lechada de cemento hidráulico con un aditivo expansor.

### **Hormigonado**

Se recomienda que:

- Se use el mismo tipo de hormigón especificado para pavimentos en el presente Manual.
- El hormigonado se haga contra las caras de las losas no removidas, por lo que previamente se asegure que se encuentran limpias de polvo u otra suciedad y húmedas.
- Para obtener un parche de buena calidad es crítica la colocación y terminación que se le dé al hormigón, incluyendo el vibrado.
- La nivelación se verifique mediante una regla de una longitud igual a la de la zona reemplazada más 1 m. La experiencia indica que los mejores resultados se logran colocando la cercha vibradora.
- No olvidarse de dar la textura final a la superficie.

- El curado del hormigón y el aserrado con su respectivo sello de juntas, si corresponde, se ajuste a lo señalado en el presente Manual.

**Terminaciones**

Es recomendable que antes de entregar el pavimento a uso, se proceda a reparar y limpiar la zona vecina y que cualquier daño se repare como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes pueden trasladarse a botaderos autorizados,dejando el área de los trabajos completamente limpia.

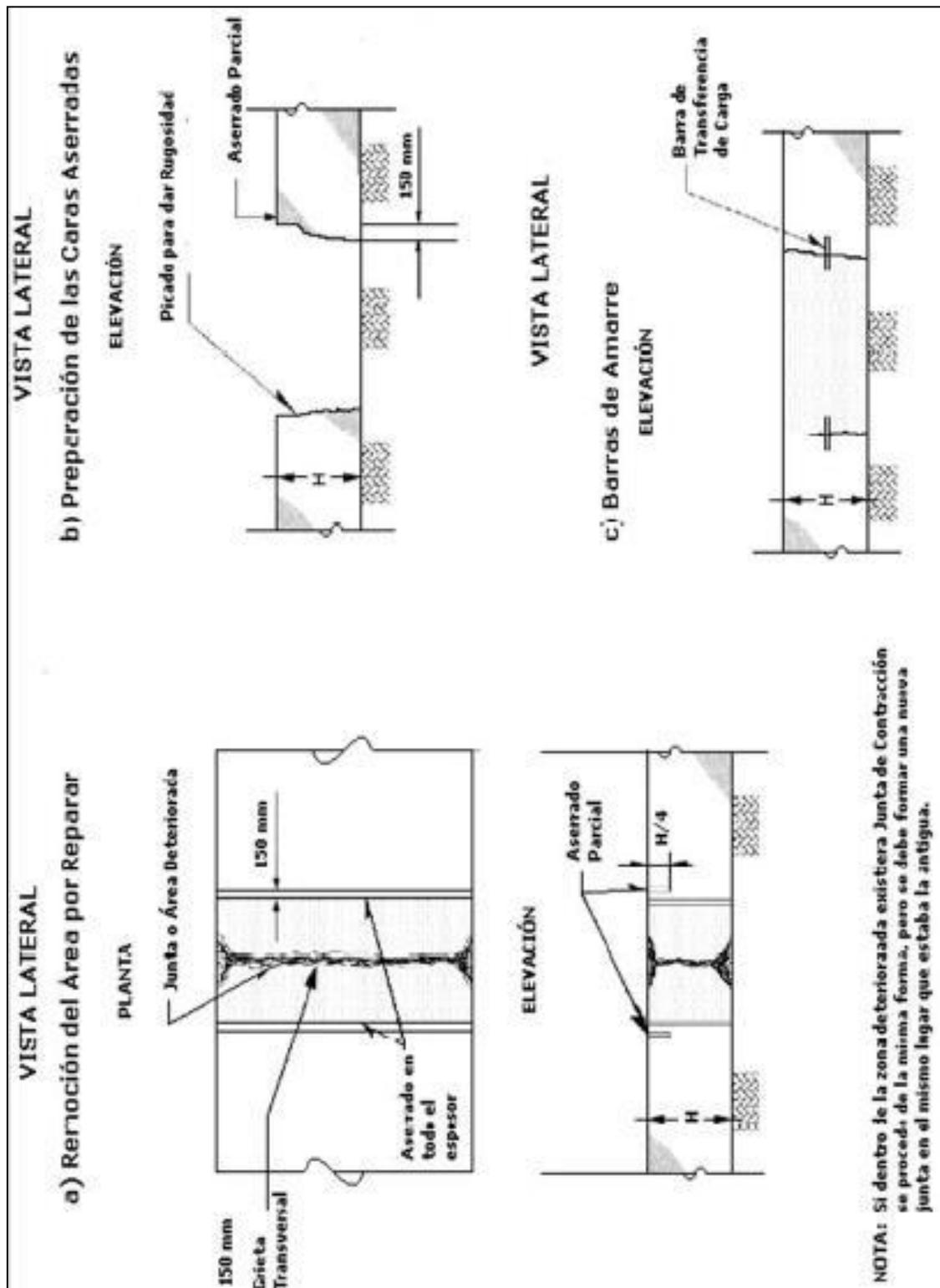


Figura 12-3

Reparación en todo el espesor

## **12.2.8 REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL LOSA DE HORMIGÓN**

### **12.2.8.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

La operación se refiere a la reparación de juntas de pavimentos de hormigón, decontracción y longitudinales, que presentan saltaduras en las aristas que afectan solola parte superior del hormigón, entendiéndose como tales las que alcanzan hasta untercio del espesor de la losa.

La saltadura de juntas crea una superficie muy irregular y acelera el deterioro generaldel pavimento, por lo que es necesario repararlas. La técnica que se incluye en esta operación es muy eficaz y más económica que las reparaciones en todo el espesor.

Sin embargo, el éxito de su aplicación depende de las limitaciones y condicionantesque se describen en los procedimientos de trabajo.

### **12.2.8.2 MATERIALES**

Es recomendable que los hormigones y demás materiales se ajusten en todos sus términos a lo estipulado en los capítulos de Diseño Estructural y de Especificaciones Técnicas de Pavimentos de Hormigón

La unión entre el hormigón antiguo y el nuevo puede sea monolítica, para lo cual seprocede de acuerdo con las metodologías indicadas en el Anexo H, Juntas deHormigonado, de la Norma NCh.170.Of.1985.

### **12.2.8.3 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO**

#### **Remoción del área deteriorada**

Se recomienda que:

- Se establezca toda la zona deteriorada. Ésta muchas veces es mayor de lo que aparenta superficialmente, normalmente la profundidad que remueve varía entre 25 y 100 mm, esto depende del nivel al cual se encuentreel hormigón en buenas condiciones, lo que se puede constatar golpeando con un martillo o una barra de acero y/o, mejor aún, extrayendo un testigo del hormigón. (no entiendo) La auscultación con un martillo o una barra de acero se base en el tipo de sonido de la respuesta; si suena metálico significa que el hormigón se encuentra en buenascondiciones, si es apagado o suena a hueco, el hormigón se encuentra deteriorado.
- Para asegurarse que se remueve toda el área afectada, esta se extiende hastaunos 80 a 100 mm dentro del hormigón en buenas condiciones.
- La zona por remover se demarque formando un cuadrado o un rectángulo, nuncauna figura irregular.Enseguida, por las líneas demarcadas se realicé un corte con sierra por todo el contorno hastauna profundidad de unos 50 mm.
- La zona central se remueva empleando herramientas neumáticas livianas (de 6,8[kg] es el peso adecuado, pudiendo utilizarse hasta una de 13,6 [kg] de peso), nunca se usen herramientas pesadas que puedan dañar el hormigón.
- El fondo de la zona removida quede irregular y muy rugoso.
- Si al excavar, lo que desde la superficie parece únicamente una saltadura de lajunta y se detecte que el hormigóndébil alcanza hasta una profundidad mayor queun tercio del espesor, la operación se suspenda, y se proceda a ejecutar unareparación en todo el espesor.

### **Precauciones especiales**

Se recomienda que para asegurar el éxito de la reparación se tenga en consideración, fundamentalmente, las condicionantes y limitantes que se indican a continuación:

- Frecuentemente, cuando una reparación de este tipo queda en contacto con una losa adyacente se originan nuevas saltaduras en la junta, debido a las tensiones que aquella le transmite. Se puede colocar una faja delgada de plástico, una tablilla impregnada en asfalto u otro elemento que separe el hormigón antiguo del nuevo.
- Aún cuando una junta de contracción se puede aserrar después de ser reparada con esta técnica, lo más seguro es formar la junta mientras el hormigón se encuentra fresco.
- Puesto que normalmente los parches presentan una gran superficie en relación al volumen por rellenar, la humedad se pierde con rapidez, por lo que el sistema de curado puede ser el adecuado para esta situación.

### **Hormigonado**

Antes de hormigonar, se recomienda preparar el área de contacto de manera que se produzca una unión monolítica entre los hormigones y que la superficie del hormigón antiguo sea impermeable, para evitar así la infiltración del agua del hormigón nuevo al antiguo. La primera condición se logra siguiendo los procedimientos indicados en el punto "Remoción del área deteriorada", en tanto que lo segundo se obtiene recubriendo la superficie de contacto con una lechada de relación 1:1 de agua: cemento hidráulico.

En general, se sugiere que el volumen de hormigón a colocar en estas reparaciones sea pequeño, para que el hormigón se pueda preparar en el mismo lugar en betoneras pequeñas.

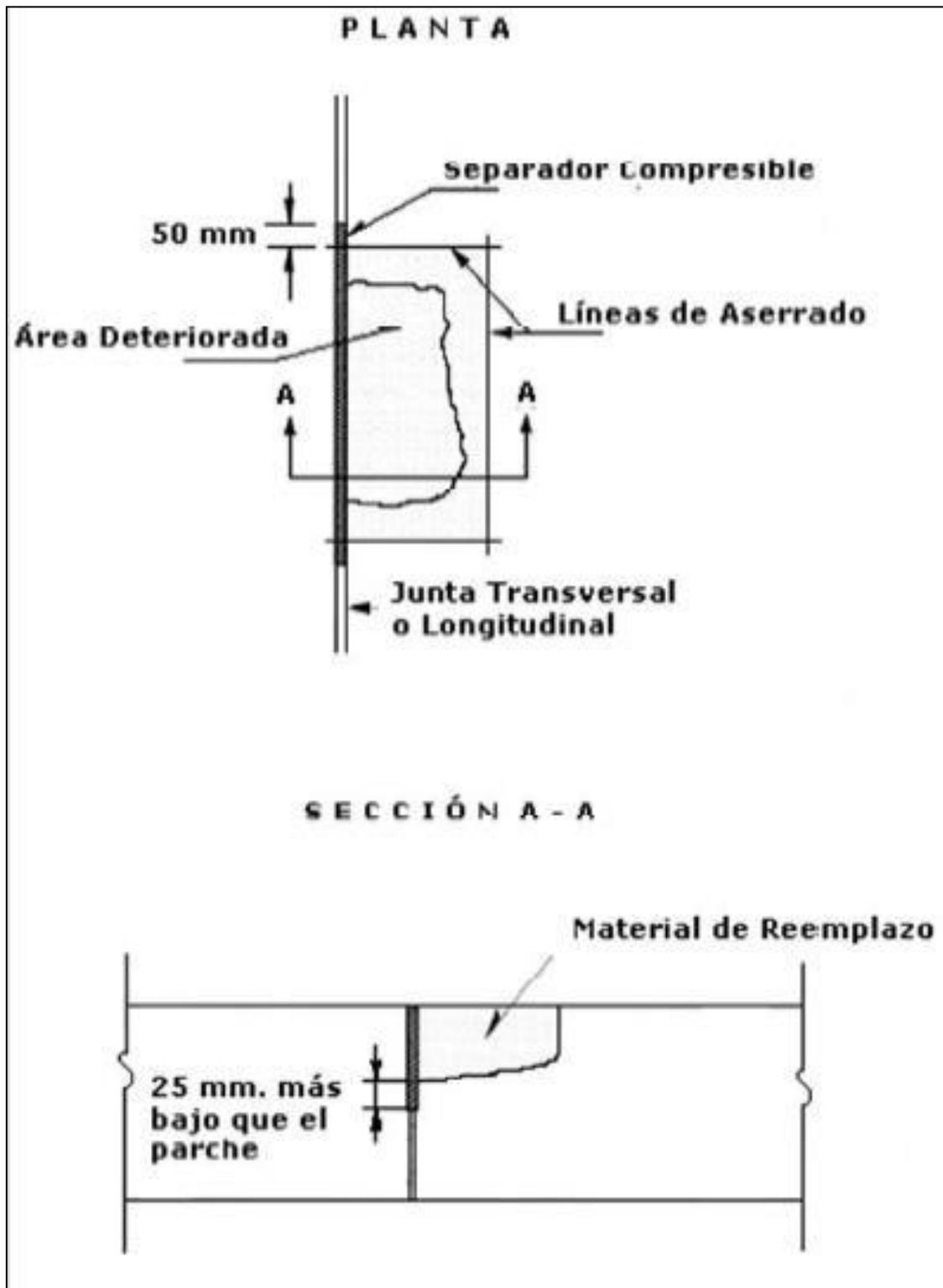
Se requiere colocar y luego vibrar el hormigón de manera que la cantidad de hormigón por vaciar se calcule para que la terminación final quede a nivel con el resto del pavimento.

La terminación puede ser mediante un platachado que avance desde el centro de la reparación hacia las orillas y finalizando con una textura superficial similar a la del resto.

#### **12.2.9 CURADO Y SELLADO DE JUNTAS**

Tal como se ha indicado, un curado adecuado es extremadamente importante, por lo que se requiere utilizar los mismos procedimientos sugeridos para tal efecto en este Manual.

Una vez que la reparación haya adquirido suficiente resistencia, se procede al sellado de la junta reparada.



**Figura 12-4**

Reparación de espesor parcial

### **12.2.10 REPARACIÓN DE ÁREAS SALTADAS**

#### **12.2.10.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES**

El trabajo comprende la reparación de áreas con saltaduras, existentes o potenciales, en especial en los bordes de juntas longitudinales o transversales, para lo cual se remueve el hormigón en un área delimitada hasta una determinada profundidad, menor que el espesor de la losa.

#### **12.2.10.2 MATERIALES**

Se recomienda que:

- Como agente ligante entre el antiguo y el nuevo hormigón se use puentes de adherencia epóxicos, cuyas bondades sean cuidadosamente evaluadas de manera previa en el laboratorio, ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante.
- La superficie reparada sea entregada al tránsito en un máximo de 48 horas después de terminada la reparación
- En consecuencia se diseñe un hormigón que cumpla con una resistencia a la compresión cubica de no menos de 25 MPa a las 48 horas.
- La reparación se entregue al tránsito cuando esta resistencia se haya logrado controlándola mediante muestras tomadas durante el hormigonado y conservadas en las mismas condiciones que el pavimento.
- Para reconformar juntas se utilicen elementos comprensibles que se puedan insertar en el hormigón, tales como planchas de poliestireno expandido (tipo "plumavit") u otros elementos similares.

#### **12.2.10.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

Se recomienda que:

- Antes de iniciar los trabajos, se delimite las áreas a reparar para lo cual se recurra al procedimiento de golpear con un martillo de carpintero o una barra de acero, las zonas sospechosas de saltaduras potenciales.
- Cuando el hormigón se encuentre en buen estado, se observe que el golpe produce un sonido metálico agudo. En tanto que cuando no lo esté, suene como hueco.
- El límite del área a remover se demarque con pintura, unos 0,05 m más afuera de la zona detectada como defectuosa.
- Las zonas a remover sean cuadradas o rectangulares. De quedar separadas por menos de 0.60 m se recomienda unir las.
- Las áreas de hormigón defectuoso se remuevan mediante aserrado y cincelado.
- El aserrado tenga una profundidad mínima de 50 mm y se efectúe por todo el perímetro de la zona a remover.

- La remoción del hormigón dañado se ejecute mediante martillos neumáticos livianos (peso máximo de 13,6 kg) hasta una profundidad de mínimo 50 mm y no más de 1/3 del espesor de la losa.
- Si durante el proceso de remoción del hormigón, se comprueba que el daño alcanza a más de un medio del espesor de la losa, el trabajo puede suspenderse, procediendo a evaluar la conveniencia de hacer una reparación de espesor completo.
- La superficie que quede después de removido el hormigón dañado, se someta a un proceso de arenado o de chorro de agua a presión, que elimine las partículas sueltas, manchas de aceite, polvo, residuos de asfalto y otros contaminantes.
- El proceso se termine con un soplado con aire comprimido y se verifique que el aire no contenga aceites.
- Cuando la reparación incluye una junta, esta se reconforme mediante la colocación del elemento compresible que la restituya y reconstruya la junta de las mismas dimensiones de la original.
- El agente ligante o puente de adherencia epóxico, se extienda por toda el área removida, incluyendo las paredes, formando una capa delgada y pareja, y se use brocha para la colocación de este ligante.
- Como las cantidades a utilizar son, normalmente, muy pequeñas, las mezclas se hagan en el mismo lugar del trabajo, usando betoneras móviles u otras mezcladoras similares.
- El hormigón se coloque antes que el agente ligante se seque. Si ello ocurre, se remueve mediante un arenado adicional.
- El hormigón para el relleno se vibre mediante vibradores de inmersión pequeños, de diámetro no mayor que 1", usados en ángulo de 45°.
- El volumen a colocar exceda ligeramente lo necesario para llenar el hueco, para compensar lo que baje al consolidarlo.
- El vibrador se mueva lentamente por toda el área, sin desplazar hormigón con él, ya que ello se traduce en segregación.
- Para el alisado final se recomienda platachar desde el centro hacia los bordes, lo que permite zonas de contacto parejas y asegura una liga adecuada con el hormigón antiguo.
- Inmediatamente terminado el proceso de afinado superficial se aplique una doble capa de membrana de curado en base a solventes, tal que se puedan aplicar sobre el agua de exudación sin que ello altere la velocidad, ni calidad de la película protectora.

### **12.2.11 COLOCACIÓN DE BARRAS (RESTAURACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CARGAS EN JUNTAS Y GRIETAS DEL PAVIMENTO)**

#### **12.2.11.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la restauración de la transferencia de cargas en las juntas y grietas transversales en pavimentos de hormigón, mediante la colocación de barras en aproximadamente el punto medio de la losa de hormigón, en los sitios indicados en los planos, o según sea dirigido por el Ingeniero de Obra.

El trabajo consiste en el corte de ranuras, la colocación de las barras en las ranuras, y el relleno de estas con el material apropiado.

La transferencia de cargas a través de juntas y grietas transversales ocurre en las tres formas siguientes: el entrelazamiento del agregado, el apoyo de la base; y mecanismos de transferencia de cargas como las barras. El pavimento de hormigón simple sin barras puede perder eficiencia en la transferencia de cargas del entrelazamiento del agregado cuando está expuesto a un gran volumen de camiones pesados durante épocas de tiempo frío en que las juntas tienden a abrirse.

La transferencia de cargas se mide por medio de la comparación entre la deflexión del extremo cargado de la losa, con el extremo sin carga de la losa siguiente. Cuando la eficiencia, medida por la deflexión, cae por debajo del 60%, la junta o grieta requiere la restauración de su transferencia de cargas. Las grietas transversales en la mitad de las losas de los pavimentos de hormigón simple, pueden perder su capacidad de transferencia de cargas debido a un posible desgaste del entrelazamiento del agregado. Una deficiente transferencia de cargas, puede acelerar el escalonamiento, que pueden conducir eventualmente a la rotura de esquinas y/o a la fractura de losas.

La colocación de tres barras de traspaso de cargas por cada huella, mejora la eficiencia del traspaso y brinda una extensión de varios años de vida útil. Las barras son colocadas, con una mezcla típica para este tipo de circunstancias, cerca del punto medio de la losa, en ranuras alineadas, aserradas con discos diamantados.

A continuación se hacen unas sugerencias para asegurar el éxito de la restauración del traspaso de cargas:

- a.) La colocación de barras de traspaso se emplea para las juntas transversales en un pavimento sin barras y para las grietas transversales medias en las losas en todos los tipos de pavimento de hormigón con juntas.
- b.) Un pavimento con problemas serios de bombeo se estabiliza antes de la colocación de las barras.

#### **12.2.11.2 MATERIALES**

Se recomienda que:

- Se instalan barras de traspaso de cargas, las cuales pueden tener 460 mm de largo y 1.5" de diámetro y estar cubiertas con epóxico incluyendo la superficie del extremo.
- El agente anti-adhesivo de las barras sea una capa delgada de base de cera, pre-aplicada por el proveedor de las barras; o bien, una forma de aceite delgado aplicado a las barras antes de su instalación en las ranuras.
- El re-formador de juntas sea un tablero de poliestireno expandido debidamente perforado para la barra y conformado para sostenerla en su sitio durante la instalación.
- El sellador sea de silicona; para prevenir que la lechada se introduzca en la grieta abierta.
- Se use adhesivos de alta resistencia como los normalmente empleados para reparaciones de espesor completo.
- Se requiere que el agregado de los materiales de relleno del parche este limpio.

### **12.2.11.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

#### **Corte de las ranuras**

Se recomienda que:

- Las ranuras se corten mediante sierra diamantada capaz de cortar un mínimo de tres ranuras simultáneamente, centradas sobre la junta o grieta. Se hagan dos o tres ranuras en cada senda de ruedas.
- La distancia transversal desde la junta longitudinal al centro de la primera ranura pueda variar de 60 cm a 120 cm para asegurar el máximo soporte al borde libre sin interferir con las barras de amarre longitudinales.
- Las barras queden alineadas con el eje central de la vía (sin importar su ángulo con la junta o grieta transversal), así como entre ellas, Las barras se centren sobre la junta o grieta con un mínimo de 6" de barra a cada lado de la grieta.

#### **Remoción del hormigón**

Se recomienda que el hormigón que queda en la ranura después del aserrado sea removido con martillos neumáticos con un peso no mayor de 30 libras. Los radios de cada extremo no necesitan ser removidos, pero se requiere de un espacio de 20 mm para la barra en el fondo de la ranura.

#### **Limpieza de la ranura**

Es recomendable que cualquier trozo de hormigón suelto o que pueda interferir con el alineamiento de las barras se remueva y todas las superficies de las paredes se limpien a presión para eliminar cualquier polvo o residuo mediante un paño o con las yemas de los dedos.

#### **Colocación de las barras**

Se recomienda que:

- Luego de la limpieza final, la grieta o junta se selle con silicona para evitar que el material de relleno se introduzca en ella.
- Se sostengan la barra en el centro de la ranura con un espacio de 12 mm alrededor de la barra para el material de relleno.
- Cuando las barras están alineadas correctamente, se encuentren en línea con la superficie del pavimento y paralelas al eje central.
- Las tapas de expansión de cada extremo permitan una expansión del hormigón de 6 mm El tablero compresible de poliestireno expandido se ajustar cómodamente en las paredes de las ranuras y pueden tener una forma de T para sujetar en su lugar los materiales.
- Se cuide el alineamiento del tablero de poliestireno expandido con la grieta, particularmente en grietas aleatorias.
- El agente anti-adhesivo se aplique a mano sobre la barra entera (a menos que haya sido pre-aplicado por el proveedor), antes de que sea colocada.
- El derrame de anti-adhesivo en cualquier superficie de la ranura se limpie inmediatamente.

### **Relleno de los parches**

Se recomienda que el material de relleno se mezcle con un mezclador móvil o portátil y que se extienda con agregado limpio de tamaño máximo 8 mm hasta 100% por peso o según recomendaciones del fabricante.

Se sugiere hacer la mezcla de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y colocar en las ranuras, consolidándolo con un vibrador de inmersión de mano, el acabado de la superficie emparejando con el hormigón que la rodea.

#### **12.2.11.4 APERTURA AL TRÁNSITO**

Se recomienda permitir la cura del material de relleno por un mínimo de dos horas antes de someter la reparación a carga de vehículos, según lo especifique el fabricante de la mezcla.

#### **12.2.12 ASERRADO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS EXISTENTES DE HORMIGÓN**

##### **12.2.12.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el aserrado de juntas en pavimentos existentes de hormigón, cuando la remoción de tal pavimento existente está indicada.

##### **12.2.12.2 MATERIALES**

Se precisa una sierra mecánica con hoja de filo de diamante con potencia adecuada, enfriada por agua, o bien una rueda abrasiva, que corte una junta recta a la profundidad requerida. Para asegurar que se produzca una junta satisfactoria, se puede requerir del uso de una guía con la sierra.

##### **12.2.12.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

###### **Juntas**

Es recomendable que las juntas se aserren con precisión hasta las líneas diseñadas.

Para confirmar la remoción del pavimento hasta las líneas precisas, y prevenir el astillado o la rotura de pavimentos que permanecen en su lugar, las juntas se aserran hasta una profundidad de por lo menos 50 mm o más si así fuera indicado previamente.

Se sugiere hacer el aserrado con hojas de diamante y no en seco con hojas abrasivas.

###### **Retiro del pavimento**

Luego que las juntas han sido aserradas para aislar por completo el pavimento se puede comenzar a retirar el pavimento, protegiendo los bordes del pavimento que permanecen en su lugar.

###### **Control de circulación**

Luego de que un pavimento se saca, y hasta que el nuevo pavimento se construya en su lugar, no se aconseja que se transite, ya que se pueden dañar los bordes expuestos del pavimento que queda